

**Analisis Efektivitas *Workstation* Pemasangan Busa dan Usulan
Peningkatan Produktivitas Menggunakan OEE dan *Discrete Event
Simulation*
TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Demas Rakha Freeporta
No. Mahasiswa : 22522306

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 10 – Juli - 2026



(Demas Rakha Freeporta)
22522306

SURAT BUKTI PENELITIAN



FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

Gedung K1, Map Watan
Kampus Tengah Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaharung Mulyo 14/3 Yogyakarta 55184
T. (0274) 893444 ext. 4170, 4180
F. (0274) 893447
E. fti@uii.ac.id
W. fti.uii.ac.id

No : 151/Kaprodi.TI.S1/20/Prodi.TI.S1/IV/2025
Hal : Permohonan Pengambilan Data
Lam: 1 Halm.

Kepada Yth :
Direktur Ajeg Mebel
Di tempat

Assalamu 'alaikum W: Wb

Sehubungan dengan pelaksanaan Penelitian Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dengan Ketua Tim Peneliti Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng., kami mengajukan permohonan izin pengambilan data untuk keperluan penelitian yang akan dilakukan oleh:

1. Nama : Muh Rifki Dwi Nugraha
NIM : 22522093
2. Nama : Muhammad Dava Aji
NIM : 22522125
3. Nama : Amanda Trixie Alsyaviar
NIM : 22522130
4. Nama : Daffa Allamsyah
NIM : 22522141
5. Nama : Demas Rakha Freeporta
NIM : 22522306
6. Nama : Bintang Nairah Yuan
NIM : 23522114
7. Nama : Alan Bayu Kusuma
NIM : 23522266

Adapun metode pengambilan data akan dilakukan melalui observasi dan wawancara langsung kepada pihak-pihak yang terlibat langsung dalam proses produksi dan pemasaran perusahaan. Data yang diperoleh nantinya akan digunakan sebagai bahan analisis dalam penyusunan penelitian mahasiswa yang bersangkutan.

Demikian surat ini kami sampaikan. Atas perhatian dan kerja samanya, kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu 'alaikum W: Wb

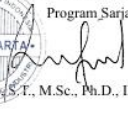


FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI

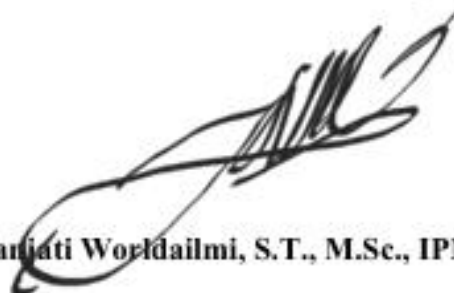
Gedung KII, Man Manur
Kampus Tengah Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaharung Iem 14.5 Yogyakarta 55084
T. (0274) 898444 ext. 4130, 4100
F. (0274) 895007
E. Phimuk.ac.id
www.phimuk.ac.id

Yogyakarta, 1 Desember 2025

Ketua Program Studi Teknik Industri
Program Sarjana,



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING**Analisis Efektivitas *Workstation* Pemasangan Busa dan Usulan
Peningkatan Produktivitas Menggunakan OEE dan *Discrete Event******Simulation*****TUGAS AKHIR****Disusun Oleh :****Nama : Demas Rakha Freeporta****No. Mahasiswa : 22522306****Yogyakarta, 10 - Juli – 2026****Dosen Pembimbing****(Ir. Elanijati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng)**

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Analisis Efektivitas *Workstation* Pemasangan Busa dan Usulan Peningkatan Produktivitas Menggunakan OEE dan *Discrete Event Simulation*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Demas Rakha Freeporta

No. Mahasiswa : 22 522 306

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 10 - Juli - 2026

Tim Penguji

Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM,
ASEAN Eng
Ketua

Dr. Dwi Adi Purnama, S.T.
Anggota I

Sayyidah Maulidatul Afraah, S.T., M.T.
Anggota II



Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan penulis. Terima kasih atas segala kepercayaan, motivasi, dan cinta yang menjadi kekuatan terbesar hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing, Ibu Ir. Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., IPM, ASEAN Eng, atas segala arahan, bimbingan, kesabaran, dan masukan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Ucapan terima kasih turut penulis sampaikan kepada keluarga, sahabat, dan teman-teman yang telah memberikan semangat, dukungan, serta menemani penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir. Semoga karya sederhana ini dapat menjadi wujud rasa syukur dan penghargaan atas segala doa, bantuan, dan kebaikan yang telah penulis terima hingga saat

MOTTO

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”

(Q.S. Al-Ghafir ayat 44)

“Ketahuilah bahwasannya kemenangan itu bersama kesabaran, dan jalan keluar itu bersama kesulitan, dan bahwasannya bersama kesulitan ada kemudahan.”

(HR. Tirmidzi)

“Tidak ada yang abadi, baik bahagia maupun luka, Suatu saat kita akan tiba di titik menertawakan rasa yang dulu sakit, atau menangisi rasa yang dulu indah”

(Fiersa Besari)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Analisis Efektivitas Workstation Pemasangan Busa dan Usulan Peningkatan Produktivitas Menggunakan OEE dan Discrete Event Simulation". Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya.

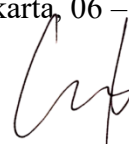
Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam proses penyusunannya, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana Universitas Islam Indonesia.
4. Ibu Elanjati Worldailmi, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama penyusunan Tugas Akhir.
5. Seluruh dosen Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Pimpinan dan seluruh karyawan XYZ Furniture yang telah memberikan izin serta membantu selama proses penelitian.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Suyanto dan Ibu Hartatik, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta motivasi kepada penulis.
8. Teman-teman serta semua pihak yang telah memberikan semangat dan bantuan selama penyusunan Tugas Akhir.
9. Diri penulis sendiri yang telah berusaha dan tetap berjuang hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 06 – Juli - 2026



(Demas Rakha Freeporta)

22522306

ABSTRAK

Persaingan industri furnitur menuntut perusahaan untuk mampu menghasilkan produk secara efektif dan produktif agar target produksi dapat tercapai secara konsisten. Salah satu *workstation* yang berperan penting dalam proses produksi sofa adalah *workstation* pemasangan busa. Namun, *workstation* tersebut belum mampu mencapai target *output* secara konsisten sehingga diperlukan evaluasi untuk mengidentifikasi penyebab dan menyusun usulan perbaikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas *workstation* pemasangan busa menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), mengidentifikasi akar penyebab rendahnya efektivitas menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan metode *5 Whys*, serta mengevaluasi usulan perbaikan menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES). Data penelitian meliputi data *output* produksi, *downtime*, dan waktu proses yang selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai OEE serta membangun model simulasi menggunakan perangkat lunak FlexSim. Model simulasi yang dikembangkan terlebih dahulu melalui proses verifikasi dan validasi sebelum digunakan untuk menguji dua skenario perbaikan, yaitu penerapan *Standard Operating Procedure* (SOP) dan *standard work*, serta kombinasi SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja. Hasil pengukuran pada kondisi eksisting menunjukkan nilai OEE sebesar 67,22%, dengan *Performance Ratio* sebesar 74,27% sebagai komponen dengan nilai terendah. Berdasarkan hasil simulasi, Skenario 2 memberikan hasil terbaik dengan meningkatkan *output* produksi dari 4,33 unit menjadi 5,00 unit per hari, meningkatkan *Performance Ratio* menjadi 86,91%, serta meningkatkan nilai OEE menjadi 79,44%. Meskipun hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa perbedaan antar skenario belum signifikan pada tingkat kepercayaan 95%, hasil simulasi menunjukkan kecenderungan peningkatan kinerja *workstation*. Oleh karena itu, penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja direkomendasikan sebagai alternatif perbaikan yang realistis untuk meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa.

Kata Kunci: *Overall Equipment Effectiveness*, *Root Cause Analysis*, *Discrete Event Simulation*, Produktivitas

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	v
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Kajian Literatur	9
2.1.1 Penelitian Terdahulu	9
2.1.2 Relevansi Penelitian Ini.....	17
2.2 Landasan Teori	18
2.2.1 Produktivitas	18
2.2.2 Proses Produksi	19
2.2.3 Sistem Produksi.....	19
2.2.4 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	19
2.2.5 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	20
2.2.6 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i>	22
2.2.7 Definisi Sistem	23
2.2.8 Definisi Model	24
2.2.9 Definisi Simulasi.....	24
2.2.10 Jenis – jenis Simulasi	24
2.2.11 <i>Discrete Event Simulation (DES)</i>	25
2.2.12 Definisi Verifikasi dan Validasi.....	25
2.2.13 Definisi <i>Software FlexSim</i>	26
BAB III METODE PENELITIAN.....	28
3.1 Objek Penelitian.....	28
3.2 Subjek Penelitian	28
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	29
3.4 Diagram Alur Penelitian	30
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	35
4.1 Pengumpulan Data	35
4.1.1 <i>Workstation</i> Pemasangan Busa	35
4.1.2 Alur Proses Produksi.....	36
4.1.3 Data <i>Output</i> Produksi <i>Workstation</i> Pemasangan Busa	39
4.1.4 <i>Unplanned Downtime Workstation</i> Pemasangan Busa	39

4.1.5	Data <i>Downtime</i> Mesin dan Selang Waktu <i>Downtime</i>	40
4.1.6	Data Waktu Proses Mesin <i>Workstation</i> Pemasangan Busa.....	41
4.1.7	Data Waktu Proses Mesin Keseluruhan.....	43
4.2	Pengolahan Data	46
4.2.1	Perhitungan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE).....	46
4.2.2	<i>Root Cause Analysis</i>	49
4.2.3	Penyusunan Alternatif Perbaikan	51
4.2.4	Uji Keseragaman Data	52
4.2.5	Uji Kecukupan Data	57
4.2.6	Penentuan Uji Distribusi	59
4.2.7	Pembuatan Model Konseptual	65
4.2.8	Pembuatan Model Simulasi FlexSim	66
4.2.9	Validasi dan Verifikasi Simulasi FlexSim	67
4.2.10	Perancangan Desain Eksperimen	72
4.2.11	Hasil Simulasi Desain Eksperimen	77
4.2.12	Pengujian Statistik Simulasi pada Desain Eksperimen	81
BAB V PEMBAHASAN.....		83
5.1	Analisis Kinerja Model Eksisting	83
5.2	Analisis Hasil Simulasi Skenario Perbaikan.....	85
5.2.1	Analisis Peningkatan <i>Output</i> Produksi.....	85
5.2.2	Analisis Peningkatan <i>Performance Ratio</i>	86
5.2.3	Analisis Peningkatan Nilai OEE	88
5.2.4	Analisis Statistik Hasil Simulasi	90
5.3	Pemilihan Alternatif Perbaikan Terbaik	91
BAB VI PENUTUP.....		95
6.1	Kesimpulan	95
6.2	Saran	96
DAFTAR PUSTAKA.....		97
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perbandingan Metode Evaluasi Kinerja	3
Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu	14
Tabel 2. 2 Standar JIPM OEE.....	22
Tabel 4. 1 Data Informasi <i>Workstation</i> Pemasangan Busa.....	36
Tabel 4. 2 Data Hasil Produksi <i>Workstation</i> Pemasangan Busa.....	39
Tabel 4. 3 Data <i>Unplanned Downtime Workstation</i> Pemasangan Busa	40
Tabel 4. 4 Data <i>Downtime</i> dan Selang Waktu <i>Downtime</i>	41
Tabel 4. 5 Waktu Proses Mesin 1 Pemasangan Busa	42
Tabel 4. 6 Waktu Proses Mesin 2 Pemasangan Busa	42
Tabel 4. 7 Waktu Proses Mesin 3 Pemasangan Busa	42
Tabel 4. 8 Waktu Proses Pemotongan Busa	43
Tabel 4. 9 Waktu Proses Pemotongan Kayu.....	44
Tabel 4. 10 Waktu Proses Penghalusan rangka atas 1	44
Tabel 4. 11 Waktu Proses Penghalusan rangka atas 2	44
Tabel 4. 12 Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1.....	45
Tabel 4. 13 Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2.....	45
Tabel 4. 14 Perhitungan OEE 2 Januari – 5 Februari 2026	48
Tabel 4. 15 RCA 5 <i>Whys</i> Permasalahan <i>Performance Ratio</i>	50
Tabel 4. 16 Alternatif Perbaikan.....	52
Tabel 4. 17 Hasil Uji Keseragaman Data	57
Tabel 4. 18 Hasil Uji Kecukupan Data	58
Tabel 4. 19 Data Hasil Distribusi Data	64
Tabel 4. 20 Keputusan Hasil Validasi OEE.....	68
Tabel 4. 21 Data Validasi Output Historis dan Simulasi.....	69
Tabel 4. 22 Perhitungan <i>Output</i>	70
Tabel 4. 23 Hasil <i>T-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances</i>	70
Tabel 4. 24 Hasil <i>F-Test Two-Sample for Variances</i>	71
Tabel 4. 25 Implentasi Skenario Perbaikan	75
Tabel 4. 26 Hasil Rekapitulasi Simulasi.....	81
Tabel 4. 27 Data <i>output</i> Produksi Antar Model.....	81
Tabel 4. 28 <i>Output</i> Rata – Rata <i>One-Way</i> Anova.....	82
Tabel 4. 29 <i>Output</i> Perhitungan <i>One-Way</i> Anova	82
Tabel 5. 1 Hasil Pengukuran OEE Model Awal.....	83
Tabel 5. 2 <i>Output</i> Produksi Antar Skenario.....	85
Tabel 5. 3 Ringkasan Hasil Simulasi Antar Model	92
Tabel 5. 4 Estimasi Pendapatan Berdasarkan <i>Output</i> Hasil Simulasi.....	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Perolehan Produk Sofa 3 <i>Seater</i>	2
Gambar 2. 1 Pilar TPM (Sumber: https://www.kcg.com.sg).....	20
Gambar 2. 2 Diagram Sistem dan Sub-Sistem	23
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	31
Gambar 4. 1 <i>Bill of Material</i> (BOM) Sofa 3 <i>Seater</i>	37
Gambar 4. 2 <i>Operation Process Chart</i> (OPC) Sofa 3 <i>Seater</i>	38
Gambar 4. 3 Hasil OEE Eksisting	48
Gambar 4. 4 Keseragaman Data Mesin 1 <i>Workstation</i> Pemasangan Busa.....	53
Gambar 4. 5 Keseragaman Data Mesin 2 <i>Workstation</i> Pemasangan Busa.....	53
Gambar 4. 6 Keseragaman Data Mesin 3 <i>Workstation</i> Pemasangan Busa	54
Gambar 4. 7 Keseragaman Data Pemotongan Busa	54
Gambar 4. 8 Keseragaman Data Pemotongan Kayu.....	55
Gambar 4. 9 Keseragaman Data Penghalusan Rangka Atas 1	55
Gambar 4. 10 Keseragaman Data Penghalusan Rangka Atas 2	56
Gambar 4. 11 Keseragaman Data Perakitan Rangka Atas 1.....	56
Gambar 4. 12 Keseragaman Data Perakitan Rangka Atas 2.....	57
Gambar 4. 13 Tampilan Awal FlexSim 2021	59
Gambar 4. 14 <i>Tools ExpertFit</i>	60
Gambar 4. 15 Tampilan Awal <i>ExpertFit</i>	60
Gambar 4. 16 Tampilan <i>Project-Element Editing</i>	60
Gambar 4. 17 <i>Project Directory</i>	61
Gambar 4. 18 <i>Data Analysis</i>	61
Gambar 4. 19 <i>Enter- Data Options</i>	61
Gambar 4. 20 <i>Data Editor</i>	62
Gambar 4. 21 <i>Models</i>	62
Gambar 4. 22 <i>Automated-Fitting Results</i>	63
Gambar 4. 23 <i>Applications</i>	63
Gambar 4. 24 <i>Simulation-Representation Options</i>	64
Gambar 4. 25 Hasil Pengolahan Distribusi Data	64
Gambar 4. 26 <i>Flowchart</i> Proses Produksi pada <i>Workstation</i> Pemasangan Busa	66
Gambar 4. 27 Model Simulasi Awal	67
Gambar 4. 28 Hubungan Hasil <i>RCA</i> dengan Skenario DE&PA.....	74
Gambar 4. 29 Parameter <i>Process Time</i> Model Awal.....	76
Gambar 4. 30 Parameter <i>Process Time</i> Model Skenario 1	76
Gambar 4. 31 Parameter <i>Process Time</i> Model Skenario 2	77
Gambar 4. 32 <i>Replication Plot</i> Model Awal	78
Gambar 4. 33 <i>Data Summary Output</i> Produksi Model Awal	78
Gambar 4. 34 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 1	79
Gambar 4. 35 <i>Summary Output</i> Produksi Model Skenario 1	79
Gambar 4. 36 <i>Replication Plot</i> Model Skenario 2.....	80
Gambar 4. 37 <i>Summary Output</i> Produksi Model Skenario 2	80
Gambar 5. 1 Grafik OEE Model Awalan	84
Gambar 5. 2 Grafik Nilai <i>Performance Ratio</i> Antar Model	87
Gambar 5. 3 Grafik Perbandingan Nilai OEE pada Setiap Skenario.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

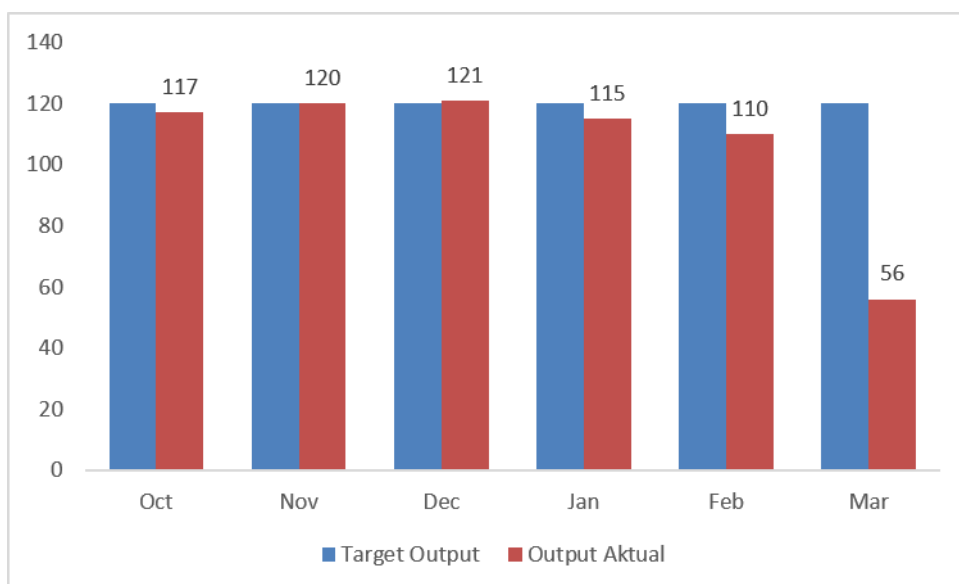
Dalam era persaingan industri manufaktur yang semakin kompetitif, perusahaan dituntut untuk mampu menghasilkan produk yang berkualitas dengan produktivitas yang tinggi agar dapat memenuhi kebutuhan pasar secara tepat waktu. Kemampuan tersebut menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan daya saing perusahaan di tengah meningkatnya tuntutan konsumen terhadap kualitas produk, ketepatan waktu pengiriman, serta efisiensi biaya produksi. Oleh karena itu, perusahaan perlu memastikan bahwa seluruh proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien sehingga sumber daya yang dimiliki dapat dimanfaatkan secara optimal (Udeh, 2024).

Salah satu sektor manufaktur yang terus mengalami perkembangan adalah industri furnitur. Meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap produk furnitur yang berkualitas mendorong perusahaan untuk tidak hanya mampu menjaga kualitas produk, tetapi juga mempertahankan produktivitas agar permintaan pasar dapat dipenuhi secara konsisten (Karima et al., 2022). Dalam sistem produksi furnitur, pencapaian target produksi dipengaruhi oleh kinerja setiap *workstation* yang terlibat dalam proses produksi (Gutierrez & Müller, 2019). *Workstation* yang belum beroperasi secara optimal dapat menyebabkan penurunan *output* produksi, meningkatnya waktu proses, serta menghambat kelancaran aliran produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, evaluasi terhadap efektivitas *workstation* menjadi salah satu langkah penting dalam upaya meningkatkan produktivitas perusahaan.

Salah satu perusahaan yang menghadapi tuntutan tersebut adalah XYZ Furniture, yaitu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang produksi sofa. Produk yang dihasilkan dipasarkan untuk memenuhi kebutuhan pasar lokal, nasional melalui platform *e-commerce*, hingga pasar internasional dengan melakukan ekspor ke Singapura. Untuk memenuhi permintaan tersebut, perusahaan menerapkan proses produksi yang terdiri atas beberapa *workstation* yang saling berhubungan. Berdasarkan hasil wawancara dengan

Kepala Divisi Produksi, *workstation* pemasangan busa merupakan salah satu *workstation* pada area *sub-assembly* yang berperan dalam proses pemasangan *peer zigzag* sebagai penopang dudukan sofa, pengeleman busa pada rangka, dan pemasangan busa sebelum produk dilanjutkan ke proses produksi berikutnya. Oleh karena itu, kinerja *workstation* ini menjadi salah satu faktor yang memengaruhi kelancaran aliran produksi.

Berdasarkan data perolehan *output workstation* pemasangan busa pada proses produksi sofa 3 *seater* selama periode Oktober 2025 hingga Maret 2026, perusahaan menetapkan target *output* sebesar 120 unit setiap bulan pada *workstation* tersebut. Data menunjukkan bahwa target tersebut berhasil dicapai pada bulan November dan sedikit terlampaui pada bulan Desember, namun *output workstation* mengalami penurunan menjadi 115 unit pada bulan Januari dan kembali menurun menjadi 110 unit pada bulan Februari. Adapun data bulan Maret tidak digunakan sebagai pembandingan karena aktivitas produksi hanya berlangsung hingga pertengahan bulan akibat libur Hari Raya Idulfitri. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa kinerja *workstation* pemasangan busa belum mampu mempertahankan pencapaian target *output* secara konsisten. Berdasarkan peran penting *workstation* tersebut serta adanya penurunan pencapaian target *output*, penelitian ini difokuskan pada *workstation* pemasangan busa untuk mengevaluasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas kinerjanya



Gambar 1. 1 Grafik Perolehan Produk Sofa 3 *Seater*

Berdasarkan Gambar 1.1, dapat diketahui bahwa pencapaian *output workstation* pemasangan busa belum mampu memenuhi target produksi secara konsisten. Meskipun target *output* berhasil dicapai bahkan sedikit terlampaui pada bulan November dan

Desember, terjadi penurunan *output* pada bulan Januari dan Februari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kinerja *workstation* pemasangan busa masih belum stabil sehingga diperlukan evaluasi untuk mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi pencapaian target *output*.

Untuk memperoleh gambaran awal mengenai penyebab belum konsistennya pencapaian target *output* tersebut, dilakukan observasi lapangan dan wawancara dengan Kepala Divisi Produksi. Hasil observasi menunjukkan bahwa selama proses produksi operator masih sering melakukan penyesuaian posisi busa agar sesuai dengan spesifikasi produk, sehingga waktu proses menjadi relatif lebih lama dan berpotensi memengaruhi kelancaran aliran produksi. Namun demikian, hasil observasi tersebut masih bersifat kualitatif sehingga belum dapat menunjukkan secara objektif aspek yang paling memengaruhi efektivitas *workstation*. Oleh karena itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengevaluasi efektivitas *workstation* secara terukur sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem produksi, seperti produktivitas, efisiensi produksi, *Overall Labor Effectiveness* (OLE), dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Masing-masing metode memiliki karakteristik dan fokus pengukuran yang berbeda sehingga pemilihannya perlu disesuaikan dengan tujuan penelitian. Perbandingan karakteristik beberapa metode tersebut disajikan pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1 Perbandingan Metode Evaluasi Kinerja

Metode	Karakteristik	Justifikasi Pemilihan Metode
Produktivitas	Mengukur hubungan antara <i>output</i> dan <i>input</i> produksi (AlKathiri, 2022).	Belum mengevaluasi efektivitas <i>workstation</i> berdasarkan <i>availability</i> , <i>performance</i> , dan <i>quality</i> .
Efisiensi Produksi	Mengukur efisiensi penggunaan sumber daya dalam proses produksi (Olesen et al., 2022).	Berfokus pada efisiensi sumber daya, namun belum mengintegrasikan <i>availability</i> , <i>performance</i> , dan <i>quality</i> .
<i>Overall Labor Effectiveness</i> (OLE)	Mengukur efektivitas tenaga kerja berdasarkan <i>availability</i> , <i>performance</i> , dan <i>quality</i> (Aryaduta & Parkhan, 2026).	Berfokus pada efektivitas operator, bukan efektivitas <i>workstation</i> .

Metode	Karakteristik	Justifikasi Pemilihan Metode
<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	Mengukur <i>workstation</i> melalui <i>availability</i> , <i>performance</i> , dan <i>quality</i> (Corrales et al., 2020).	Dipilih karena sesuai untuk mengevaluasi efektivitas <i>workstation</i> sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan.

Berdasarkan hasil perbandingan metode evaluasi kinerja pada Tabel 1.1, penelitian ini menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengevaluasi efektivitas *workstation* pemasangan busa. OEE dipilih karena mampu mengukur efektivitas *workstation* secara kuantitatif melalui tiga komponen utama, yaitu *availability*, *performance*, dan *quality* (Sathler et al., 2023). Berbeda dengan metode yang berfokus pada aspek tertentu maupun pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM) yang lebih menitikberatkan pada aktivitas pemeliharaan dan perbaikan berkelanjutan, OEE secara langsung memberikan gambaran tingkat efektivitas *workstation* sehingga lebih sesuai dengan tujuan penelitian sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan. Melalui hasil pengukuran tersebut, perusahaan dapat mengidentifikasi komponen yang memerlukan perhatian lebih lanjut sehingga usulan perbaikan dapat disusun secara lebih terarah sesuai dengan kondisi operasional perusahaan.

Meskipun OEE mampu menunjukkan tingkat efektivitas *workstation* melalui komponen *availability*, *performance*, dan *quality*, hasil pengukuran tersebut belum dapat menjelaskan faktor-faktor yang menjadi penyebab utama rendahnya nilai pada komponen tertentu. Oleh karena itu, diperlukan analisis lanjutan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan secara sistematis (Latino et al., 2019). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam implementasi RCA, seperti *Fishbone Diagram*, *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), dan *5 Whys*, yang masing-masing memiliki karakteristik berbeda. *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab berdasarkan kategori penyebab sehingga memudahkan proses identifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap suatu permasalahan (Kumah et al., 2024). Sementara itu, FMEA digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan memprioritaskan potensi kegagalan berdasarkan tingkat risikonya sehingga lebih sesuai untuk analisis risiko pada proses atau sistem yang kompleks (Dewi et al., 2021). Adapun penelitian ini menggunakan metode *5 Whys* karena permasalahan yang dianalisis telah diketahui melalui hasil pengukuran OEE, sehingga

diperlukan metode yang mampu menelusuri hubungan sebab-akibat secara bertahap hingga diperoleh akar penyebab utama. Metode *5 Whys* dinilai efektif untuk mengidentifikasi akar penyebab suatu permasalahan yang spesifik secara sistematis dan mendalam sehingga sesuai digunakan sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan (Al-Rifai, 2025). Hasil identifikasi tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan skenario usulan perbaikan agar solusi yang diberikan tidak hanya mengatasi gejala permasalahan, tetapi juga menyasar penyebab utamanya.

Hasil identifikasi akar penyebab melalui *Root Cause Analysis* (RCA) menjadi dasar dalam penyusunan beberapa alternatif usulan perbaikan yang diharapkan mampu meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa. Namun, alternatif tersebut belum dapat langsung diterapkan pada sistem produksi nyata karena setiap perubahan berpotensi memengaruhi kelancaran proses produksi serta memerlukan sumber daya, waktu, dan biaya implementasi. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan yang mampu mengevaluasi dampak setiap alternatif perbaikan sebelum diterapkan pada kondisi aktual. Dalam penelitian ini, pendekatan tersebut dilakukan menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES) karena mampu merepresentasikan sistem produksi ke dalam model virtual sehingga berbagai skenario perbaikan dapat diuji tanpa mengganggu aktivitas operasional perusahaan (Hidayat et al., 2024). Dalam penelitian ini, *Discrete Event Simulation* (DES) dipilih karena karakteristik proses produksi pada *workstation* pemasangan busa terdiri atas rangkaian aktivitas yang bersifat diskrit, sehingga perubahan pada waktu proses, aliran produksi, maupun sumber daya dapat dianalisis secara realistis. Melalui simulasi tersebut, perusahaan dapat mengevaluasi pengaruh setiap alternatif usulan perbaikan terhadap efektivitas *workstation* dan pencapaian target *output* sebelum diimplementasikan pada sistem produksi nyata (Indah et al., 2023). Dengan demikian, usulan perbaikan yang dihasilkan dalam penelitian ini tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga telah melalui proses evaluasi menggunakan model simulasi sehingga dapat menjadi dasar pengambilan keputusan yang lebih objektif bagi perusahaan.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *workstation* pemasangan busa pada proses produksi sofa di XYZ Furniture menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Hasil pengukuran OEE selanjutnya dianalisis menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA) melalui metode *5 Whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab yang memengaruhi

efektivitas *workstation*. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun beberapa alternatif usulan perbaikan yang kemudian dievaluasi menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap efektivitas *workstation* dan pencapaian target *output* sebelum diterapkan pada sistem produksi nyata. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih terarah, terukur, dan dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam menentukan alternatif perbaikan yang paling sesuai untuk diimplementasikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tingkat efektivitas *workstation* pemasangan busa pada proses produksi sofa di XYZ Furniture berdasarkan pengukuran *overall equipment effectiveness* (OEE)?
2. Faktor-faktor apa saja yang memengaruhi rendahnya efektivitas *workstation* pemasangan busa berdasarkan analisis komponen OEE dan *Root Cause Analysis* (RCA)?
3. Bagaimana pengaruh usulan perbaikan terhadap peningkatan efektivitas *workstation* dan output produksi apabila diuji menggunakan pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES) sebelum diterapkan pada sistem nyata?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengukur dan menganalisis tingkat efektivitas *workstation* pemasangan busa menggunakan metode *overall equipment effectiveness* (OEE).
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi rendahnya efektivitas *workstation* melalui analisis komponen OEE dan *Root Cause Analysis* (RCA).
3. Menyusun dan menguji usulan perbaikan melalui model *Discrete Event Simulation* (DES) untuk mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan efektivitas *workstation* dan *output* produksi sebelum diterapkan pada sistem nyata.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut :

A. Bagi Perusahaan

1. Memberikan gambaran kondisi aktual *workstation* pemasangan busa melalui pengukuran *overall equipment effectiveness* (OEE).
2. Membantu perusahaan dalam mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang memengaruhi efektivitas *workstation* serta menentukan prioritas perbaikan produksi.
3. Memberikan evaluasi dan pengujian usulan perbaikan melalui pendekatan *discrete event simulation* (DES) sebelum diterapkan pada sistem nyata.

B. Bagi Perguruan Tinggi

1. Menjadi referensi akademik terkait penerapan metode *overall equipment effectiveness* (OEE), *Root Cause Analysis* (RCA), dan *discrete event simulation* (DES) dalam analisis dan peningkatan kinerja sistem produksi.
2. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode analisis kuantitatif pada sistem manufaktur, khususnya pada industri furnitur.
3. Menjadi bahan kajian dan perbandingan bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan evaluasi efektivitas mesin dan simulasi sistem produksi.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada sistem produksi sofa di XYZ Furniture yang menjadi objek penelitian.
2. Data yang digunakan merupakan data operasional produksi pada bulan Januari – Maret 2026.
3. *Evaluasi Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dilakukan pada *workstation* pemasangan busa yang teridentifikasi sebagai area kritis dalam proses produksi sofa.
4. Pemodelan sistem produksi dilakukan menggunakan metode *Discrete Event Simulation* (DES) untuk merepresentasikan alur proses produksi mulai dari penerimaan komponen hingga produk keluar dari *workstation* pemasangan busa.
5. Analisis dan usulan perbaikan hanya dilakukan pada *workstation* pemasangan busa, sedangkan *workstation* lainnya dimodelkan sesuai kondisi aktual tanpa dilakukan perubahan sebagai pendukung simulasi sistem.
6. Penelitian tidak melakukan analisis kelayakan investasi secara mendalam, seperti perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), maupun indikator finansial lainnya. Aspek biaya hanya dipertimbangkan sebagai

gambaran manfaat implementasi usulan perbaikan terhadap peningkatan kinerja operasional sistem produksi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

2.1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Gian dan Hamdy (2023) dalam jurnal berjudul Evaluasi Efektivitas Mesin *Ripple Mill* Melalui Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang diterbitkan pada Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan berfokus pada pengukuran efektivitas mesin *Ripple Mill* di PT Perkebunan Nusantara V menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan menganalisis tiga komponen utama, yaitu *availability ratio*, *performance ratio*, dan *quality ratio*, serta membandingkannya dengan standar internasional sebesar 85%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE pada *Mesin Ripple Mill 1* dan *Ripple Mill 2* masing-masing mencapai 99,37% dan 99,31%, sehingga telah melampaui standar yang ditetapkan. Meskipun demikian, penelitian tersebut masih berfokus pada pengukuran efektivitas mesin dan belum dilanjutkan dengan analisis akar penyebab terhadap komponen yang memengaruhi nilai OEE maupun pengujian usulan perbaikan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap sistem produksi secara keseluruhan.

Penelitian yang dilakukan oleh Ariyah (2022) dalam jurnal berjudul Penerapan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dalam Peningkatan Efisiensi Mesin *Batching Plant* (Studi Kasus: PT. Lutvindo Wijaya Perkasa) yang diterbitkan pada Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan berfokus pada pengukuran efektivitas mesin *Batching Plant* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan menganalisis tiga komponen utama, yaitu *availability*, *performance efficiency*, dan *quality rate* untuk membandingkan kinerja aktual perusahaan dengan standar internasional sebesar 85%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE yang diperoleh sebesar 80,45%, sehingga masih berada di bawah standar dan memerlukan perbaikan, dengan komponen *performance* menjadi faktor yang paling memengaruhi rendahnya nilai OEE. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya melakukan identifikasi penyebab menggunakan diagram *fishbone* dan belum

dilanjutkan dengan analisis akar penyebab yang lebih sistematis maupun pengujian usulan perbaikan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kinerja sistem produksi secara keseluruhan.

Penelitian oleh Basak et al. (2022) yang berjudul *Reducing Production Losses in Additive Manufacturing Using Overall Equipment Effectiveness* berfokus pada pengembangan kerangka kerja pengukuran efektivitas mesin pada teknologi *additive manufacturing* (AM) untuk mengidentifikasi sumber kehilangan produktivitas. Peneliti mengadaptasi rumus OEE standar menjadi metrik berbasis volume kubik guna mengakomodasi fleksibilitas geometri pada proses AM, serta menggunakan metode *Discrete Event Simulation* (DES) berbasis lembar kerja untuk mengeksplorasi pengaruh pendekatan operasional dan variasi produk terhadap nilai OEE. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adaptasi metrik OEE tersebut efektif dalam memetakan *six big losses* dan membuktikan bahwa strategi manajemen operasi berperan penting dalam meningkatkan efisiensi sistem. Meskipun demikian, penelitian tersebut berfokus pada karakteristik proses *additive manufacturing* yang memiliki mekanisme produksi dan parameter operasional yang berbeda dengan sistem manufaktur konvensional. Selain itu, model simulasi yang digunakan masih bersifat eksploratif sehingga belum menggambarkan kondisi operasional pada sistem produksi dengan aliran proses yang lebih kompleks.

Penelitian oleh País Cerna et al. (2023) yang berjudul *Evaluation of the Overall Effectiveness (OEE) of Autonomous Transportation System (AHS) Equipment and Its Impact on Mine Design: Open Pit Mine Case Study* berfokus pada evaluasi efektivitas sistem transportasi otonom di industri pertambangan untuk meningkatkan produktivitas melalui pemanfaatan teknologi otonom. Peneliti menggunakan metode *Discrete Event Simulation* (DES) dengan perangkat lunak ProModel untuk memodelkan operasi manual dan otonom. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem transportasi otonom mampu meningkatkan nilai OEE sebesar 14,4% serta mempercepat waktu siklus sebesar 9% melalui pengurangan waktu henti (*downtime*) yang terjadi pada pergantian sif dan waktu istirahat operator. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya berfokus pada sistem transportasi otonom di sektor pertambangan yang memiliki karakteristik proses, peralatan, dan parameter operasional yang berbeda dengan sistem produksi manufaktur. Selain itu, penelitian tersebut belum mengevaluasi penerapan integrasi OEE dan simulasi pada proses produksi manufaktur yang melibatkan interaksi antar *workstation* serta variasi aktivitas produksi yang lebih kompleks.

Penelitian oleh Dio et al. (2023) yang berjudul *Optimalisasi Jumlah Permintaan dan Produksi CV. XYZ Menggunakan Software Simulasi FlexSim* berfokus pada upaya menyeimbangkan kapasitas produksi dengan permintaan pelanggan pada UKM pembuat sarung tangan untuk menghindari kehilangan pesanan akibat keterbatasan kapasitas produksi. Peneliti menggunakan metode *Discrete Event Simulation* (DES) dengan perangkat lunak FlexSim untuk memodelkan lini produksi dan menguji beberapa skenario penambahan tenaga kerja pada proses yang kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi skenario terbaik, yaitu penambahan maksimal tiga pekerja pada proses jahit tertentu, mampu meningkatkan kapasitas produksi sebesar 35%, dari 5.900 unit menjadi 8.000 unit per bulan. Meskipun demikian, penelitian tersebut berfokus pada optimasi kapasitas produksi melalui simulasi tanpa didahului evaluasi efektivitas proses menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu, usulan perbaikan yang diuji belum didasarkan pada hasil identifikasi akar penyebab yang memengaruhi kinerja sistem produksi sehingga prioritas perbaikan masih berorientasi pada peningkatan kapasitas produksi.

Penelitian oleh Purnomo et al. (2023) yang berjudul *Peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Grinding pada Produksi Cokelat Bubuk di PT ABC* berfokus pada evaluasi efektivitas mesin *grinding* untuk mengatasi tingginya kegagalan mesin yang masih ditangani secara korektif. Peneliti menggunakan kombinasi metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengukur kinerja mesin, *Six Big Losses* untuk mengidentifikasi kerugian dominan, serta *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menemukan akar penyebab permasalahan. Hasil penelitian menghasilkan usulan perbaikan berupa penerapan prosedur *Total Productive Maintenance* (TPM) guna meningkatkan efektivitas mesin. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya menghasilkan rekomendasi perbaikan tanpa dilakukan pengujian terhadap efektivitas usulan yang diberikan. Selain itu, penelitian tersebut belum memanfaatkan metode simulasi untuk mengevaluasi dampak penerapan usulan perbaikan terhadap kinerja sistem produksi sebelum diimplementasikan pada kondisi nyata.

Penelitian oleh Mofokeng et al. (2025) yang berjudul *A Discrete-Event Simulation for Optimising Cutting Process Productivity in Furniture Manufacturing Production* berfokus pada peningkatan produktivitas proses pemotongan pada industri furnitur skala UKM untuk mengurangi ketidakkonsistenan *lead time* dan meningkatkan ketepatan waktu pengiriman. Peneliti menggunakan metode *Discrete-Event Simulation* (DES) untuk memodelkan proses pemotongan, mengidentifikasi *bottleneck*, serta menguji beberapa skenario optimasi ukuran lot

produksi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario yang diusulkan mampu mengurangi waktu proses secara signifikan dan menyeimbangkan aliran produksi. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya berfokus pada optimasi aliran proses melalui simulasi tanpa didahului evaluasi efektivitas *workstation* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu, skenario perbaikan yang diusulkan belum didasarkan pada hasil identifikasi akar penyebab yang memengaruhi kinerja *workstation* sehingga dasar penyusunan usulan perbaikan masih terbatas pada hasil simulasi proses.

Penelitian oleh Wulandari et al. (2023) yang berjudul *Perancangan Model Simulasi dan Perbaikan Lini Produksi Pompa Air Tipe PS-135 E Menggunakan Simulasi Diskrit dan Theory of Constraint* pada PT. Tirta Intimizu Nusantara berfokus pada penyelesaian masalah ketidaktercapaian target produksi akibat adanya *bottleneck* atau penumpukan material pada stasiun kerja tertentu. Peneliti menggunakan integrasi metode *Theory of Constraint* (TOC) untuk mengidentifikasi kendala sistem dan *Discrete Event Simulation* (DES) dengan perangkat lunak ProModel untuk menguji skenario perbaikan berupa penambahan mesin dan penggabungan stasiun kerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario yang diusulkan mampu meningkatkan *output* produksi secara signifikan. Meskipun demikian, penelitian tersebut lebih berfokus pada optimasi lini produksi melalui perubahan konfigurasi sistem tanpa didahului evaluasi efektivitas *workstation* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu, usulan perbaikan yang dihasilkan belum didasarkan pada hasil pengukuran efektivitas *workstation* sehingga prioritas perbaikan lebih berorientasi pada perubahan kapasitas dan tata letak sistem produksi.

Penelitian oleh Haddad et al. (2021) yang berjudul *Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach* berfokus pada peningkatan efektivitas mesin ekstrusi aluminium melalui pengurangan waktu *setup* sebagai penyebab utama rendahnya nilai OEE. Peneliti menerapkan teknik *Single Minute Exchange of Die* (SMED) sebagai pendekatan *Lean Manufacturing* untuk mengubah aktivitas *internal setup* menjadi *external setup*, yang berhasil meningkatkan nilai OEE dari 65% menjadi 77% melalui peningkatan pada komponen *availability*. Meskipun demikian, evaluasi efektivitas usulan perbaikan hanya didasarkan pada hasil implementasi setelah perbaikan dilakukan dan belum disertai pengujian terhadap dampak usulan tersebut pada berbagai kondisi operasional. Selain itu, penelitian tersebut belum memanfaatkan metode simulasi untuk mengevaluasi pengaruh

skenario perbaikan terhadap kinerja sistem produksi secara keseluruhan sebelum diterapkan pada kondisi nyata.

Penelitian oleh Herrera-Vidal et al. (2026) yang berjudul *Discrete-Event Simulation for Waste Minimization and Productivity Enhancement in Coupling Manufacturing* berfokus pada optimasi produktivitas dan pengurangan limbah baja pada industri pengerjaan logam. Peneliti menggunakan metode *Discrete-Event Simulation* (DES) berbasis Python untuk memodelkan dinamika rantai produksi, mengidentifikasi *bottleneck*, serta menguji berbagai skenario perbaikan, seperti pemeliharaan preventif dan pelatihan operator secara virtual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skenario terintegrasi yang diuji mampu meningkatkan *output* produksi dan mengurangi limbah material secara signifikan tanpa mengganggu sistem produksi nyata. Meskipun demikian, penelitian tersebut menyusun skenario simulasi tanpa didahului evaluasi efektivitas mesin menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Selain itu, penyusunan skenario perbaikan belum didasarkan pada hasil identifikasi akar penyebab yang memengaruhi kinerja mesin sehingga parameter yang digunakan dalam model simulasi masih berorientasi pada peningkatan produktivitas secara umum.

Penelitian oleh Tayal et al. (2021) yang berjudul *Effectiveness Improvement in Manufacturing Industry: Trilogy Study and Open Innovation Dynamics* berfokus pada peningkatan efektivitas sektor manufaktur melalui integrasi *Trilogy Study* yang menggabungkan aspek kualitas, pemeliharaan, dan produktivitas. Peneliti menggunakan metrik *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai alat evaluasi kinerja mesin dan mengintegrasikannya dengan konsep *open innovation* untuk mengidentifikasi berbagai sumber inefisiensi pada sistem produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendekatan yang mengintegrasikan aspek *availability*, *performance*, dan *quality* mampu meningkatkan efektivitas serta daya saing industri manufaktur. Meskipun demikian, penelitian tersebut lebih menekankan pada pendekatan konseptual dan strategis sehingga belum disertai pemodelan sistem produksi maupun pengujian operasional terhadap usulan perbaikan. Selain itu, penelitian tersebut belum memanfaatkan metode simulasi untuk mengevaluasi dampak berbagai skenario perbaikan terhadap kinerja sistem produksi sebelum diterapkan pada kondisi nyata.

Penelitian oleh Purnama et al. (2024) yang berjudul *Analisa Kinerja Mesin: Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Tableting Rotary Double-Station pada Industri Farmasi XYZ Periode Februari–Juli 2024* berfokus pada evaluasi kinerja mesin cetak tablet untuk menjamin kualitas dan efektivitas proses produksi. Peneliti menggunakan metode

Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk mengukur tingkat efektivitas mesin serta analisis *Six Big Losses* guna mengidentifikasi sumber kerugian dominan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata OEE mencapai 83,18%, dengan faktor *reduced speed* sebagai penyebab utama belum optimalnya kinerja mesin. Meskipun demikian, penelitian tersebut hanya sampai pada tahap pengukuran efektivitas dan identifikasi sumber kerugian tanpa dilanjutkan dengan analisis akar penyebab maupun pengujian skenario perbaikan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kinerja sistem produksi secara keseluruhan.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Industri					Metode			Gap Penelitian	
		Furnitur	Makanan	Farmasi	Pertambangan	Logam	Manufaktur Umum	OEE	RCA		DES
1.	(Haddad et al., 2021)					✓		✓	-	-	Belum dilakukan pengujian usulan perbaikan menggunakan simulasi.
2.	(Tayal et al., 2021)						✓	✓	-	-	Belum melakukan pemodelan sistem produksi maupun pengujian skenario perbaikan.
3.	(Ariyah, 2022)						✓	✓	✓	-	Belum dilakukan analisis akar penyebab secara mendalam dan pengujian usulan perbaikan.

No.	Penulis	Industri					Metode			Gap Penelitian	
		Furnitur	Makanan	Farmasi	Pertambangan	Logam	Manufaktur Umum	OEE	RCA		DES
4.	(Basak et al., 2022)						✓	✓	-	✓	Belum mengidentifikasi akar penyebab menggunakan RCA.
5.	(Primula & Hamdy, 2023)						✓	✓	-	-	Hanya melakukan pengukuran OEE tanpa RCA dan simulasi.
6.	(Cerna et al., 2023)				✓			✓	-	✓	Belum menerapkan integrasi OEE dan simulasi pada sistem produksi manufaktur.
7.	(Cerna et al., 2023)						✓	-	-	✓	Belum didahului evaluasi efektivitas menggunakan OEE dan RCA.

No.	Penulis	Industri					Metode			Gap Penelitian	
		Furnitur	Makanan	Farmasi	Pertambangan	Logam	Manufaktur Umum	OEE	RCA		DES
8.	(Purnomo et al., 2023)		✓					✓	✓	-	Belum dilakukan pengujian usulan perbaikan menggunakan simulasi.
9.	(Wulandari et al., 2023)						✓	-	-	✓	Belum mengevaluasi efektivitas <i>workstation</i> menggunakan OEE maupun RCA.
10.	(Purnama et al., 2024)			✓				✓	-	-	Hanya sampai tahap pengukuran OEE dan <i>Six Big Losses</i> tanpa RCA dan simulasi.
11.	(Mofokeng et al., 2025)	✓						-	-	✓	Belum mengevaluasi efektivitas <i>workstation</i> menggunakan OEE dan RCA sebelum simulasi.

No.	Penulis	Industri					Metode			Gap Penelitian	
		Furnitur	Makanan	Farmasi	Pertambangan	Logam	Manufaktur Umum	OEE	RCA		DES
12.	(Vidal et al., 2026)					✓		-	-	✓	Penyusunan skenario simulasi belum didasarkan pada hasil OEE maupun RCA.
13.	Penelitian ini	✓						✓	✓	✓	

2.1.2 Relevansi Penelitian Ini

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian masih berfokus secara parsial, yaitu hanya menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk mengukur efektivitas mesin atau hanya menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES) untuk mengoptimalkan sistem produksi (Ariyah, 2022; Dio et al., 2023; Primula & Hamdy, 2023). Penelitian yang mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut masih relatif terbatas, khususnya pada industri manufaktur furnitur yang memiliki karakteristik proses produksi *job – shop* dengan variasi aliran produksi yang tinggi (Mofokeng et al., 2025).

Pada praktiknya, pengukuran OEE mampu memberikan informasi mengenai tingkat efektivitas *workstation* berdasarkan aspek *availability*, *performance*, dan *quality*. Namun, hasil pengukuran tersebut umumnya masih terbatas pada evaluasi efektivitas dan identifikasi sumber kerugian tanpa dilanjutkan dengan analisis akar penyebab secara sistematis maupun pengujian usulan perbaikan (Purnama et al., 2024; Purnomo et al., 2023a). Di sisi lain, penelitian yang menerapkan DES lebih banyak difokuskan pada optimasi kapasitas produksi, identifikasi

bottleneck, dan keseimbangan aliran proses tanpa didahului evaluasi efektivitas *workstation* menggunakan OEE (Dio et al., 2023; Wulandari et al., 2023).

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat peluang penelitian yang mengintegrasikan pengukuran efektivitas *workstation*, identifikasi akar penyebab permasalahan, serta pengujian usulan perbaikan dalam satu pendekatan yang terintegrasi (Basak et al., 2022; Cerna et al., 2023; Haddad et al., 2021; Vidal et al., 2026).

Oleh karena itu, penelitian ini mengintegrasikan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan metode *5 Whys*, dan *Discrete Event Simulation* (DES). OEE digunakan untuk mengevaluasi tingkat efektivitas *workstation* pemasangan busa, RCA digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab berdasarkan komponen OEE yang memiliki nilai terendah, sedangkan DES digunakan untuk mengevaluasi berbagai skenario usulan perbaikan sebelum diterapkan pada sistem produksi nyata. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan usulan perbaikan yang lebih terarah, terukur, dan dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Produktivitas

Produktivitas merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kinerja suatu sistem produksi. Produktivitas diartikan sebagai perbandingan antara *output* yang dihasilkan dengan input yang digunakan dalam proses produksi (Pristianingrum et al., 2017). Semakin tinggi *output* yang dihasilkan dengan penggunaan sumber daya yang sama atau lebih sedikit, maka tingkat produktivitas dapat dikatakan semakin baik (Thaib et al., 2015). Dalam konteks industri manufaktur, produktivitas tidak hanya dipengaruhi oleh tenaga kerja, tetapi juga oleh kinerja mesin, metode kerja, serta pengolahan waktu produksi. Oleh karena itu, peningkatan produktivitas menjadi fokus utama perusahaan untuk mencapai efisiensi operasional dan meningkatkan daya saing (Panjaitan et al., 2025). Secara sistematis, produktivitas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Productivity = \frac{Output}{Input} \quad (2.1)$$

Rumus tersebut menunjukkan bahwa produktivitas dipengaruhi oleh dua komponen utama, yaitu jumlah *output* yang dihasilkan dan besarnya *input* yang digunakan. *Input* dapat berupa

tenaga kerja, waktu, bahan baku, maupun penggunaan mesin. Dengan demikian, peningkatan produktivitas dapat dilakukan baik dengan meningkatkan *output* tanpa menambah *input* secara signifikan, maupun dengan menekan penggunaan input tanpa mengurangi jumlah *output* yang dihasilkan (Thaib et al., 2015). Pendekatan ini menjadi dasar dalam berbagai upaya perbaikan sistem produksi, termasuk melalui peningkatan efisiensi mesin dan pengurangan waktu henti (*downtime*).

2.2.2 Proses Produksi

Proses produksi merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi yang memiliki nilai tambah. Proses ini melibatkan berbagai elemen seperti mesin, tenaga kerja, material, dan metode kerja yang saling berinteraksi dalam suatu alur yang terstruktur (Aditya et al., 2023). Dalam pelaksanaannya, proses produksi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti proses produksi *kontinu*, proses *batch*, dan proses *job – order*, tergantung pada karakteristik produk dan volume produksi. Efektivitas proses produksi sangat dipengaruhi oleh kelancaran aliran material, waktu proses, serta minimnya gangguan seperti *downtime* mesin. Oleh karena itu, pengelolaan proses produksi yang baik sangat diperlukan untuk menjaga kualitas dan kuantitas *output* yang dihasilkan (Novitasari, 2022).

2.2.3 Sistem Produksi

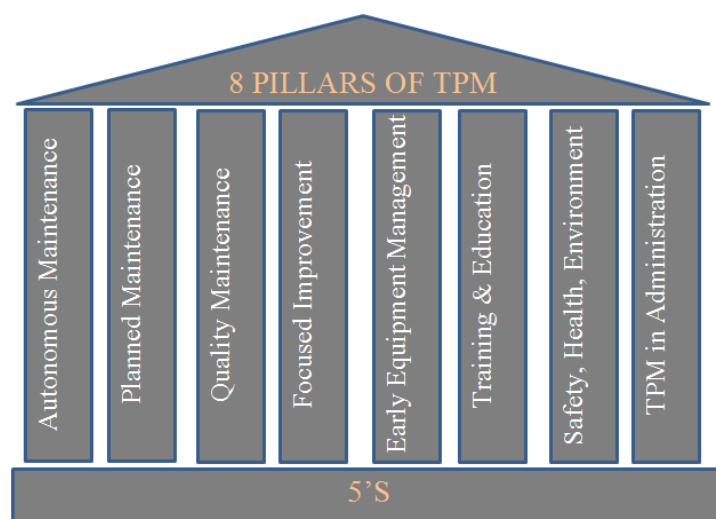
Sistem produksi merupakan suatu kesatuan yang terdiri dari berbagai elemen yang saling berinteraksi untuk menghasilkan barang atau jasa. Elemen-elemen tersebut meliputi manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan kerja yang terintegrasi dalam suatu proses yang terorganisir (Putra, 2024). Sistem produksi dirancang untuk mencapai tujuan tertentu, seperti efisiensi, efektivitas, dan kualitas produk. Dalam suatu sistem produksi, setiap komponen memiliki peran penting sehingga gangguan pada salah satu elemen dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pemahaman terhadap sistem produksi menjadi sangat penting dalam upaya meningkatkan kinerja operasional, termasuk dalam hal pengendalian proses, peningkatan produktivitas, serta pengurangan pemborosan (Nadia et al., 2025).

2.2.4 Total Productive Maintenance (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu program yang melibatkan seluruh elemen dalam perusahaan untuk bekerja sama dalam mengurangi *downtime* (Wijaya et al., 2023). TPM juga dapat dipahami sebagai pengembangan dari *preventive maintenance*, yaitu pemeliharaan yang tidak hanya bersifat pencegahan tetapi juga melibatkan partisipasi aktif

seluruh karyawan (Rizal, 2018). Program ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan mesin serta peralatan, sekaligus mengoptimalkan proses produksi agar berjalan lancar, sehingga dapat mencegah kerusakan mesin, menghindari terhentinya produksi, dan meminimalkan cacat produk.

Selain itu, TPM juga berfokus pada penghilangan berbagai losses dalam pengoperasian peralatan guna mencapai nilai *Overall Equipment Efficiency* (OEE) yang maksimal. Upaya pengurangan losses ini menjadi tanggung jawab setiap departemen, sehingga TPM dapat dipandang sebagai sebuah filosofi operasional yang melibatkan seluruh bagian dalam perusahaan. Setiap departemen memiliki peran dalam meningkatkan pemanfaatan peralatan melalui program TPM. Secara konsep, TPM terdiri dari delapan pilar utama yang masing-masing memiliki fokus dan tanggung jawab berbeda, meskipun dalam pelaksanaannya antar pilar tersebut saling berkaitan (Gunawan et al., 2024).



Gambar 2. 1 Pilar TPM (Sumber: <https://www.kcg.com.sg>)

2.2.5 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan salah satu indikator yang banyak digunakan dalam industri manufaktur untuk menilai tingkat efektivitas operasional mesin secara menyeluruh. Dalam kegiatan produksi, mesin tidak hanya dituntut untuk beroperasi tanpa henti, tetapi juga harus mampu bekerja secara stabil dan menghasilkan produk sesuai standar yang ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu ukuran kinerja yang mampu menggambarkan kondisi operasional mesin secara lebih komprehensif, sehingga perusahaan

dapat memahami seberapa besar kontribusi mesin terhadap pencapaian target produksi (Thiede, 2023).

Dalam konteks UMKM *furniture*, pengukuran efektivitas mesin menjadi penting karena proses produksi sering kali menghadapi permasalahan seperti *downtime*, variasi kecepatan kerja, maupun cacat produk akibat faktor teknis dan operasional (Nugroho, 2023). OEE digunakan sebagai dasar evaluasi kuantitatif untuk mengidentifikasi tingkat pemanfaatan mesin dibandingkan dengan kondisi idealnya. Secara konseptual, OEE mengintegrasikan tiga komponen utama, yaitu *availability ratio*, *performance ratio*, dan *quality ratio* (Val & García, 2025). Maka, perolehan ketiga rasio tersebut merupakan tahapan prioritas sebelum melangkah ke analisis selanjutnya.

1) *Availability Ratio*

Availability ratio merepresentasikan efisiensi penggunaan waktu yang tersedia untuk aktivitas operasional mesin. Dalam penghitungannya, diperlukan variabel data berupa waktu operasi, waktu pembebanan (*loading time*), serta durasi henti mesin (*downtime*) (Kirana & Widiasih, 2024).

Rumus untuk menghitung *availability ratio* adalah:

$$Availability\ Rate = \frac{Operation\ Time}{Loading\ Time} \times 100\% \quad (2.2)$$

2) *Performance Ratio*

Performance ratio merepresentasikan tingkat keandalan suatu peralatan dalam menghasilkan *output* yang selaras dengan kapasitas desainnya. Evaluasi terhadap indikator ini dilakukan dengan mengintegrasikan variabel waktu siklus ideal (*ideal cycle time*), volume unit yang diproses (*total output*), serta durasi operasional mesin (*operation time*). Berdasarkan parameter tersebut, efisiensi kecepatan mesin dapat diukur secara presisi (Kirana & Widiasih, 2024).

Rumus untuk menghitung *performance ratio* adalah:

$$Performance\ Ratio = \frac{Total\ Output \times Ideal\ Cycle\ Time}{Operation\ Time} \times 100\% \quad (2.3)$$

3) *Quality Ratio*

Quality ratio merepresentasikan efektivitas peralatan dalam menghasilkan *output* yang memenuhi standar spesifikasi kualitas yang ditetapkan. Indikator ini berfungsi untuk mengukur sejauh mana proses produksi bebas dari anomali atau kerusakan. Dalam perhitungannya,

diperlukan perbandingan antara volume unit yang diproses (*total output*) dengan jumlah unit yang dikategorikan cacat atau tidak sesuai standar (*output rework*) (Kirana & Widiasih, 2024).

Rumus untuk menghitung *quality ratio* adalah:

$$Quality Ratio = \frac{Total Output - Output rework}{Total Output} \times 100\% \quad (2.4)$$

4) Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan instrumen evaluasi komprehensif yang dirancang untuk mengukur efektivitas penggunaan peralatan produksi. Metrik ini mengintegrasikan tiga dimensi krusial dalam operasional manufaktur, yakni aspek ketersediaan waktu (*availability*), efisiensi kinerja (*performance*), serta tingkat kualitas *output* (*quality*). Dalam konteks penelitian, OEE berfungsi sebagai indikator fundamental untuk mendiagnosis tingkat produktivitas mesin secara holistik guna mengidentifikasi area yang memerlukan optimalisasi (Kirana & Widiasih, 2024).

Nilai dari masing-masing indikator selanjutnya dievaluasi dengan mengacu pada standar TPM yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) untuk menilai efektivitas penggunaan mesin pada proses produksi (Handayani, 2026).

Tabel 2. 2 Standar JIPM OEE

Faktor OEE	Indeks
<i>Availability Ratio</i>	90%
<i>Performance Ratio</i>	95%
<i>Quality Ratio</i>	99,9%
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	85%

2.2.6 Root Cause Analysis (RCA)

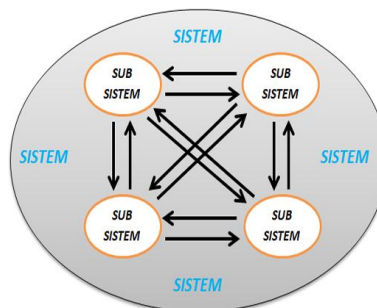
Root Cause Analysis (RCA) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari suatu permasalahan sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan dapat bersifat efektif dan berkelanjutan. RCA tidak hanya berfokus pada gejala yang muncul, tetapi juga menelusuri faktor-faktor mendasar yang menyebabkan terjadinya suatu kejadian. Menurut (Latino et al., 2019), RCA membantu organisasi dalam memahami apa yang terjadi, bagaimana suatu masalah dapat terjadi, serta alasan utama yang mendasari munculnya permasalahan tersebut.

Dalam penerapannya, RCA dapat dilakukan melalui berbagai metode, seperti *fishbone diagram*, *cause and effect diagram*, *matrix diagram*, dan metode *5 Whys*. Pada penelitian ini digunakan metode *5 Whys*, yaitu teknik identifikasi akar masalah dengan mengajukan pertanyaan “mengapa” secara berulang hingga diperoleh akar penyebab utama (*root cause*) dari suatu permasalahan. Menurut (Bjørn & Tom, 2006), metode *5 Whys* dilakukan secara bertahap untuk menemukan hubungan sebab-akibat secara sistematis hingga diperoleh penyebab mendasar dari masalah yang terjadi. *5 whys* dijelaskan dengan rincian sebagai berikut:

- 1) *Why ke-1 : Symptom*
- 2) *Why ke-2 : Excuse*
- 3) *Why ke-3 : Blame*
- 4) *Why ke-4 : Cause*
- 5) *Why ke-5 : Root Cause*

2.2.7 Definisi Sistem

Sistem didefinisikan sebagai entitas yang terdiri atas serangkaian elemen yang saling terintegrasi dalam mengolah data untuk mencapai tujuan bersama melalui penyediaan informasi spesifik. Secara struktural, setiap sistem tersusun atas berbagai elemen yang dapat didekomposisi lebih lanjut menjadi komponen-komponen yang lebih kecil, atau yang dikenal sebagai subsistem. Subsistem sendiri merupakan tingkatan hierarki yang berada di bawah sistem utama. Sebagai ilustrasi, dalam kerangka sistem perusahaan, fungsi-fungsi organisasi seperti *Human Resources Development (HRD)*, *Production Planning and Inventory Control (PPIC)*, *Marketing*, serta *Procurement* merupakan unit-unit subsistem yang saling berinteraksi (Rusdiana & Ramdhadi, 2014).



Gambar 2. 2 Diagram Sistem dan Sub-Sistem

Representasi suatu sistem dapat diawali melalui pendekatan pemodelan sistem, yang merupakan tahapan fundamental sekaligus kritis dalam perancangan simulasi komputer.

Keberhasilan sebuah simulasi sangat bergantung pada akurasi pemodel dalam mentransformasikan sistem nyata ke dalam bentuk model yang representatif. Pada dasarnya, simulasi merupakan perwujudan dinamis dari model sistem yang karakteristiknya terikat pada entitas aslinya. Mengingat kompleksitas sistem nyata yang sulit digambarkan secara menyeluruh, proses pemodelan memerlukan upaya simplifikasi. Hal ini dilakukan melalui penetapan batasan dan asumsi yang terukur, sehingga model tetap valid dan operasional tanpa harus menduplikasi seluruh kerumitan sistem aslinya

2.2.8 Definisi Model

Model berfungsi sebagai representasi dari suatu sistem nyata (Kristiana et al., 2025). Dalam penerapannya, apabila model yang diformulasikan memiliki struktur yang sederhana, maka solusinya dapat diperoleh secara matematis melalui pendekatan model analitik. Sebaliknya, jika sistem yang dikaji memiliki tingkat kompleksitas tinggi yang tidak memungkinkan untuk diselesaikan dengan formulasi analitik standar, maka diperlukan teknik komputasi numerik yang dikenal sebagai model simulasi. Perlu diketahui bahwa dari satu sistem yang sama, tingkat kerumitan model yang dibangun sangat bergantung pada persepsi, kompetensi, serta sudut pandang subjektif dari analis atau peneliti yang bersangkutan (Azhra & Awandani, 2020).

2.2.9 Definisi Simulasi

Simulasi merupakan metodologi serta aplikasi yang dirancang untuk merepresentasikan perilaku dinamis dari suatu sistem nyata, yang pada umumnya diimplementasikan melalui perangkat lunak komputer khusus (Kristiana et al., 2025). Secara fundamental, simulasi berfungsi sebagai sistem pendukung keputusan (*decision support system*), sehingga interpretasi terhadap output yang dihasilkan sangat bergantung pada kompetensi analis atau pemodel yang bersangkutan.

Pendekatan simulasi menjadi alternatif solusi yang paling representatif dalam menghadapi kompleksitas sistem, terutama ketika formulasi matematis analitik tidak lagi memadai untuk memecahkan persoalan tersebut (Kristiana et al., 2025)

2.2.10 Jenis – jenis Simulasi

Simulasi dapat dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan pendekatan pemodelan yang digunakan dalam merepresentasikan sistem nyata. Adapun beberapa jenis simulasi yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Simulasi Sistem Dinamis (*System Dynamics*), yaitu simulasi yang digunakan untuk memodelkan sistem yang bersifat kompleks dan saling berinteraksi secara kontinu,

dengan fokus pada hubungan sebab-akibat serta umpan balik (*feedback*) antar variabel dalam jangka waktu tertentu (W. Wijaya et al., 2024).

2. Simulasi *Monte Carlo*, yaitu simulasi yang menggunakan pendekatan probabilitas dengan memanfaatkan bilangan acak untuk menganalisis sistem yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi, sehingga hasil yang diperoleh berupa distribusi kemungkinan dari suatu kejadian (Mardiati, 2020).
3. *Discrete Event Simulation* (DES), yaitu simulasi yang memodelkan sistem berdasarkan kejadian-kejadian diskrit yang terjadi pada waktu tertentu, seperti proses produksi, waktu tunggu, antrian, dan *downtime* mesin (Patience, 2025).
4. *Agent-Based Modeling* (ABM), yaitu simulasi yang memodelkan sistem berdasarkan perilaku individu (*agent*) yang saling berinteraksi, di mana setiap agen memiliki karakteristik dan aturan tertentu yang dapat mempengaruhi dinamika sistem secara keseluruhan (Siagian & Prasajo, 2019).

Berdasarkan beberapa jenis simulasi tersebut, *Discrete Event Simulation* (DES) dipilih karena sesuai untuk merepresentasikan sistem produksi yang berbasis kejadian seperti proses, antrian, dan *downtime* mesin.

2.2.11 Discrete Event Simulation (DES)

Discrete-Event System Simulation (DES) didefinisikan sebagai metodologi pemodelan sistem di mana perubahan variabel status hanya terjadi pada titik-titik waktu tertentu yang bersifat diskrit atau terpisah (Karnon et al., 2012). Dalam ranah praktis, DES telah diimplementasikan secara luas untuk memecahkan kompleksitas pada sistem nyata, khususnya dalam mengevaluasi performa sistem melalui berbagai konfigurasi yang bervariasi. Lebih lanjut, kapabilitas analisis *what-if* dalam kerangka DES memungkinkan para perancang model untuk memproyeksikan serta menguji dampak dari usulan perubahan terhadap perilaku sistem secara komprehensif sebelum keputusan strategis diimplementasikan di lapangan (Taleb et al., 2023).

2.2.12 Definisi Verifikasi dan Validasi

Model merupakan representasi dari sistem nyata yang secara inheren memiliki keterbatasan dalam menginkorporasikan seluruh variabel kompleks. Akibatnya, tidak ada model yang bersifat absolut atau memiliki korespondensi satu-satu yang sempurna dengan referensi sistem aslinya. Oleh karena itu, setiap model harus melalui serangkaian pengujian krusial, yaitu verifikasi dan validasi.

Verifikasi didefinisikan sebagai aktivitas prosedural untuk memastikan bahwa transformasi model ke dalam program komputer telah dilakukan dengan tepat (Sargent, 2013). Dengan kata lain, verifikasi bertujuan menjamin bahwa model berperilaku sesuai dengan logika yang dikehendaki oleh pemodel dan dapat dioperasikan tanpa kendala teknis pada perangkat komputer.

Sementara itu, validasi merupakan upaya pengujian untuk memastikan bahwa model komputerisasi sebagai representasi sistem nyata memiliki tingkat akurasi yang memadai sesuai dengan tujuan aplikasinya (Sargent, 2013). Pendekatan empiris dalam validasi dilakukan dengan membandingkan output model terhadap data aktual dari sistem nyata. Terdapat dua tujuan fundamental dalam proses validasi:

1. Menghasilkan model yang mampu merepresentasikan perilaku sistem nyata secara presisi, sehingga dapat berfungsi sebagai substitusi yang reliabel dalam melakukan eksperimen tanpa mengganggu operasional sistem aktual.
2. Meningkatkan kredibilitas dan kepercayaan terhadap model, sehingga hasilnya dapat dipertanggungjawabkan untuk digunakan oleh manajer serta para pengambil keputusan strategis.

2.2.13 Definisi *Software FlexSim*

FlexSim merupakan perangkat lunak simulasi kejadian diskrit (*discrete-event simulation*) yang dirancang untuk memodelkan serta mensimulasikan dinamika sistem industri. Perangkat lunak ini mengintegrasikan teknologi simulasi berbasis 3D dengan kecerdasan buatan dan teknik pemrosesan data. Fleksibilitas *FlexSim* sangat relevan untuk diaplikasikan pada berbagai sektor, mulai dari manufaktur, sistem pergudangan dan distribusi, hingga transportasi. Selain itu, *FlexSim* menyediakan fitur komprehensif yang mencakup *data fitting* dari observasi aktual, input pemodelan, konstruksi grafis, eksekusi eksperimen simulasi, optimasi hasil, hingga pembuatan dokumentasi visual dalam bentuk animasi 3D (Aliyu & Mokhtar, 2021).

Secara struktural, modul-modul dalam *FlexSim* memungkinkan integrasi *interface* yang selaras dengan perangkat pendukung seperti *ExpertFit* dan *Microsoft Excel*. Integrasi ini memudahkan pengguna dalam menentukan distribusi probabilitas data input melalui *ExpertFit* serta menyederhanakan pertukaran data secara dinamis dengan *Excel*, termasuk dalam hal penyesuaian parameter operasional dan pengolahan output simulasi (Chen et al., 2013). Sebagai instrumen pendukung keputusan, *FlexSim* menyediakan fitur laporan statistik dan analisis internal yang mendalam guna memvalidasi hasil observasi. Kapabilitas pemecahan masalahnya

mencakup spektrum industri yang luas, meliputi manufaktur, layanan kesehatan, *material handling*, logistik pertambangan, pengemasan, kedirgantaraan, hingga manajemen pergudangan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah tingkat efektivitas *workstation* pemasangan busa pada proses produksi sofa. *Workstation* tersebut terdiri atas beberapa mesin *staple gun compressor* yang digunakan dalam proses pemasangan dan perekat busa pada rangka sofa sebelum memasuki tahap pelapisan kain. Pengukuran efektivitas dilakukan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang meliputi *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*.

Selain itu, penelitian juga difokuskan pada identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas *workstation* berdasarkan hasil analisis komponen OEE. Komponen dengan nilai terendah digunakan sebagai fokus analisis untuk mengetahui penyebab utama rendahnya efektivitas *workstation*. Selanjutnya, dilakukan *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan metode *5 Whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan secara sistematis. Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan yang diuji menggunakan model *Discrete Event Simulation* (DES) guna mengetahui pengaruhnya terhadap peningkatan efektivitas *workstation* dan *output* produksi.

3.2 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur furnitur dengan produk utama berupa sofa. Sistem produksi yang diterapkan adalah *job – shop*, di mana setiap produk dapat melalui urutan proses yang berbeda sesuai dengan model dan spesifikasi pesanan pelanggan. Proses produksi meliputi pemotongan kayu, perakitan rangka, pemasangan busa, pelapisan kain, hingga tahap finishing dan inspeksi kualitas.

Dalam menjalankan aktivitas produksinya, perusahaan menghadapi berbagai kendala, seperti variasi waktu proses, frekuensi *downtime*, aktivitas setup berulang, serta

adanya hambatan proses produksi yang menyebabkan waktu produksi menjadi lebih lama. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap pencapaian target *output* harian dan kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, proses pengumpulan data dilakukan secara langsung pada lantai produksi XYZ Furniture yang menjadi subjek penelitian, khususnya pada *workstation* pemasangan busa di area *sub-assembly* sofa. Data yang dikumpulkan tidak hanya berupa data kuantitatif produksi, tetapi juga informasi mengenai kondisi operasional *workstation* secara aktual. Seluruh data tersebut digunakan sebagai dasar perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), analisis komponen OEE untuk mengidentifikasi faktor yang paling memengaruhi efektivitas *workstation*, serta sebagai input dalam pemodelan *Discrete Event Simulation* (DES).

Beberapa teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung pada *workstation* pemasangan busa yang terdiri atas beberapa mesin *staple gun compressor*. Pengamatan difokuskan pada alur kerja *workstation*, waktu siklus proses, aktivitas *setup* awal sebelum produksi, serta aktivitas *setup reloading* berupa pengisian ulang staples dan penyesuaian tekanan kompresor. Selain itu, dilakukan pengamatan terhadap kejadian *downtime*, *idle time*, keterlambatan proses, dan antrian yang terjadi selama aktivitas produksi berlangsung. Data hasil observasi digunakan untuk mengetahui kondisi operasional *workstation* secara aktual serta sebagai dasar dalam menghitung waktu kerja efektif dan mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efektivitas *workstation*.

2. Wawancara dengan Pihak Terkait

Wawancara dilakukan kepada operator *workstation* dan penanggung jawab produksi untuk memperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai kondisi operasional di lapangan. Informasi yang dikumpulkan meliputi frekuensi *reloading* staples, kendala pada sistem kompresor, hambatan selama proses produksi, penyebab rendahnya *output*, serta pencapaian target produksi harian. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur agar informasi yang diperoleh lebih fleksibel dan mampu menggambarkan kondisi aktual berdasarkan

pengalaman operator. Data hasil wawancara digunakan untuk mendukung proses identifikasi akar penyebab permasalahan serta interpretasi hasil pengukuran OEE.

3. Dokumentasi dan Data Produksi

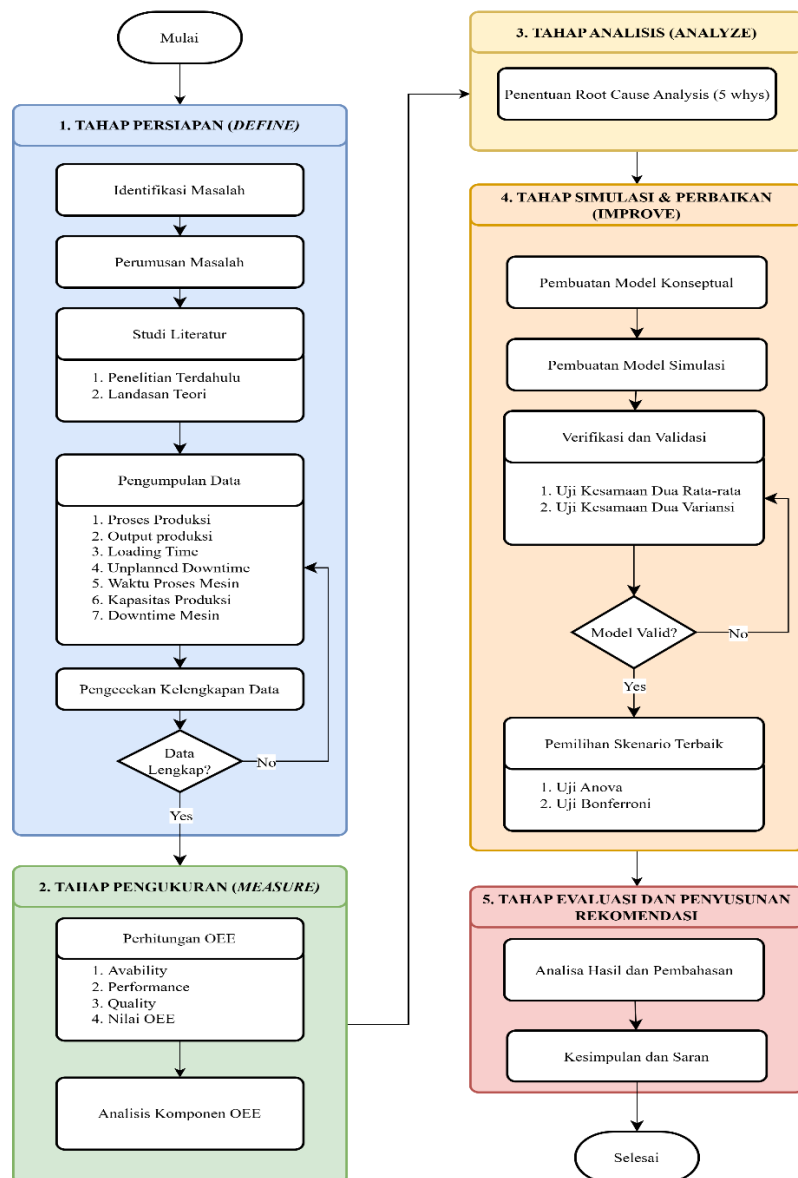
Dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data produksi harian berupa jumlah *output*, jumlah produk cacat, waktu kerja, waktu *downtime*, serta data waktu proses pada *workstation* pemasangan busa. Data tersebut digunakan untuk menghitung komponen utama OEE, yaitu *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Selain itu, data waktu proses, pola aliran produksi, dan data operasional *workstation* digunakan untuk mengidentifikasi faktor yang paling memengaruhi efektivitas *workstation* serta sebagai parameter dalam pembangunan model simulasi DES agar model yang dibuat dapat merepresentasikan kondisi sistem produksi secara aktual.

4. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengkaji berbagai referensi yang berkaitan dengan konsep OEE, *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan teknik *5 Whys*, serta *Discrete Event Simulation* (DES) dalam konteks sistem manufaktur. Kajian literatur digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kerangka penelitian, penentuan variabel penelitian, serta pemilihan metode analisis yang sesuai dengan karakteristik permasalahan pada *workstation* pemasangan busa.

3.4 Diagram Alur Penelitian

Berikut merupakan tahapan alur penelitian yang dilakukan pada XYZ Furniture sebagai subjek penelitian. Penelitian difokuskan pada *workstation* pemasangan busa pada proses produksi sofa dengan pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Root Cause Analysis* (RCA), dan *Discrete Event Simulation* (DES). Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi komponen OEE yang paling berpengaruh terhadap rendahnya efektivitas *workstation* sebelum dilakukan penelusuran akar penyebab menggunakan metode *5 Whys*.



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari diagram alur penelitian berdasarkan gambar yang telah dilampirkan:

A. Tahap 1. Persiapan (*Define*)

1. Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengamati secara langsung kondisi proses produksi pada XYZ Furniture, khususnya pada *workstation* pemasangan busa di area *sub-assembly* sofa. Pada tahap ini diidentifikasi berbagai permasalahan yang berkaitan dengan *downtime*, aktivitas *setup reloading*, variasi waktu proses, serta pengaruhnya terhadap kelancaran aliran produksi pada sistem *job – shop*.

2. Perumusan Masalah

Setelah permasalahan teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah penelitian secara lebih terarah. Perumusan ini bertujuan untuk menentukan fokus analisis, yaitu pengukuran efektivitas *workstation* menggunakan metode OEE, identifikasi faktor-faktor dominan yang memengaruhi efektivitas *workstation*, serta evaluasi sistem produksi menggunakan simulasi.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelaah penelitian terdahulu dan teori-teori yang relevan mengenai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Root Cause Analysis* (RCA), teknik *5 Whys*, serta *Discrete Event Simulation* (DES). Tahapan ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori dan menjadi acuan dalam penyusunan metode penelitian.

4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung dan dokumentasi perusahaan. Data yang dikumpulkan meliputi frekuensi gangguan produksi, *downtime workstation*, waktu proses, *output* produksi, jumlah produk cacat, serta aktivitas operasional pada *workstation* pemasangan busa. Data tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses analisis kuantitatif, perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), identifikasi faktor yang paling memengaruhi efektivitas *workstation*, serta pembangunan model simulasi *Discrete Event Simulation* (DES) untuk merepresentasikan kondisi sistem produksi secara aktual.

5. Pengecekan Kelengkapan Data

Setelah data diperoleh, dilakukan pengecekan untuk memastikan bahwa seluruh data yang dibutuhkan telah lengkap dan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Jika data belum lengkap, maka dilakukan pengumpulan tambahan hingga seluruh kebutuhan analisis terpenuhi.

B. Tahap 2. Pengukuran (*Measure*)

6. Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Perhitungan OEE dilakukan dengan menentukan nilai *availability*, *performance*, dan *quality* berdasarkan data waktu operasi, *downtime*, kecepatan produksi, serta jumlah produk cacat pada *workstation* pemasangan busa. Setelah ketiga

komponen tersebut diperoleh, selanjutnya dihitung nilai OEE untuk mengetahui tingkat efektivitas *workstation*.

7. Analisis Komponen OEE

Setelah nilai OEE diperoleh, dilakukan analisis terhadap komponen penyusun OEE yang terdiri dari *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang paling berkontribusi terhadap rendahnya efektivitas *workstation*. Komponen dengan nilai terendah selanjutnya dijadikan fokus dalam analisis akar penyebab menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA).

C. Tahap 3. Analisis (*Analyze*)

8. Penentuan *Root Cause Analysis* (RCA) dengan Teknik 5 *Whys*

Setelah diperoleh komponen OEE yang paling memengaruhi rendahnya efektivitas *workstation*, dilakukan analisis akar penyebab menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dengan teknik 5 *Whys*. Tahapan ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama dari permasalahan yang terjadi sehingga usulan perbaikan yang diberikan dapat lebih tepat sasaran.

D. Tahap 4. Simulasi dan Perbaikan (*Improve*)

9. Pembuatan Model Konseptual

Model konseptual dibuat sebagai gambaran alur sistem produksi secara keseluruhan. Model ini memuat urutan proses produksi, hubungan antar *workstation*, aliran material, serta parameter yang digunakan dalam simulasi sehingga memudahkan dalam pembangunan model simulasi.

10. Pembuatan Model Simulasi

Tahap ini dilakukan dengan membangun model simulasi yang merepresentasikan kondisi sistem produksi aktual. Data waktu proses, *downtime*, aktivitas *setup*, dan pola kedatangan pekerjaan dimasukkan ke dalam model sehingga simulasi dapat menggambarkan kondisi nyata di lapangan.

11. Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi telah dibangun sesuai dengan logika sistem yang dirancang. Selanjutnya dilakukan validasi model menggunakan uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi untuk mengetahui kesesuaian model simulasi dengan kondisi aktual. Apabila

model belum memenuhi kriteria validasi, maka dilakukan perbaikan hingga model dinyatakan valid.

12. Pemilihan Skenario Terbaik

Setelah model dinyatakan valid, dilakukan pengujian beberapa skenario usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis OEE dan *Root Cause Analysis* (RCA). Pemilihan skenario terbaik dilakukan berdasarkan peningkatan *output* produksi, *Performance Ratio*, dan nilai OEE, serta didukung oleh hasil uji ANOVA dan uji *bonferroni* untuk mengetahui perbedaan antar skenario.

E. Tahap 5. Evaluasi dan Penyusunan Rekomendasi

13. Analisa Hasil dan Pembahasan

Hasil simulasi dan perhitungan OEE dianalisis untuk melihat dampak usulan perbaikan terhadap peningkatan efektivitas *workstation* dan kinerja sistem produksi secara keseluruhan. Pada tahap ini juga dibahas perubahan nilai *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, *Quality Ratio*, serta OEE setelah penerapan skenario perbaikan pada model simulasi.

14. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir berisi kesimpulan yang menjawab rumusan masalah berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, serta saran yang dapat dijadikan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan dalam meningkatkan efektivitas *workstation* dan kelancaran sistem produksi.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 *Workstation* Pemasangan Busa

Workstation pemasangan busa merupakan area *sub-assembly* pada proses produksi sofa yang digunakan untuk pemasangan material penunjang dan busa pada rangka sofa. Proses pada *workstation* ini diawali dengan pemasangan peer zigzag pada rangka sofa yang berfungsi sebagai penopang dudukan sekaligus memberikan elastisitas dan kenyamanan saat digunakan. Selanjutnya dilakukan proses pengeleman busa pada rangka secara manual menggunakan perekat, kemudian busa dipasang sesuai dengan bentuk rangka sofa. Selain proses pemasangan, dilakukan pula perapihan busa menggunakan pisau agar bentuk dan ukuran busa sesuai dengan spesifikasi produk yang telah ditentukan.

Workstation pemasangan busa terdiri atas tiga unit mesin *staple gun compressor* yang digunakan secara paralel untuk mendukung proses pemasangan peer zigzag pada rangka sofa. Setiap mesin dioperasikan oleh satu orang operator dan memiliki fungsi kerja yang sama. Penggunaan sistem kerja paralel bertujuan untuk mempercepat proses produksi serta menjaga kelancaran aliran material pada proses *assembly*.

XYZ Furniture menerapkan sistem kerja selama enam hari dalam satu minggu, yaitu mulai hari Senin hingga Sabtu. Aktivitas produksi berlangsung pada pukul 08.00 WIB sampai 16.00 WIB dengan waktu istirahat pada pukul 11.30 WIB hingga 12.30 WIB. Pada penelitian ini, proses produksi pada *workstation* pemasangan busa diawali dengan *setup* mesin *compressor* dan persiapan material sebelum kegiatan produksi dimulai. Aktivitas *setup* dilakukan untuk menstabilkan tekanan udara pada *compressor* sebelum proses produksi berlangsung selama 40 menit.

Informasi *workstation* pemasangan busa dan waktu operasional produksi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Informasi *Workstation* Pemasangan Busa

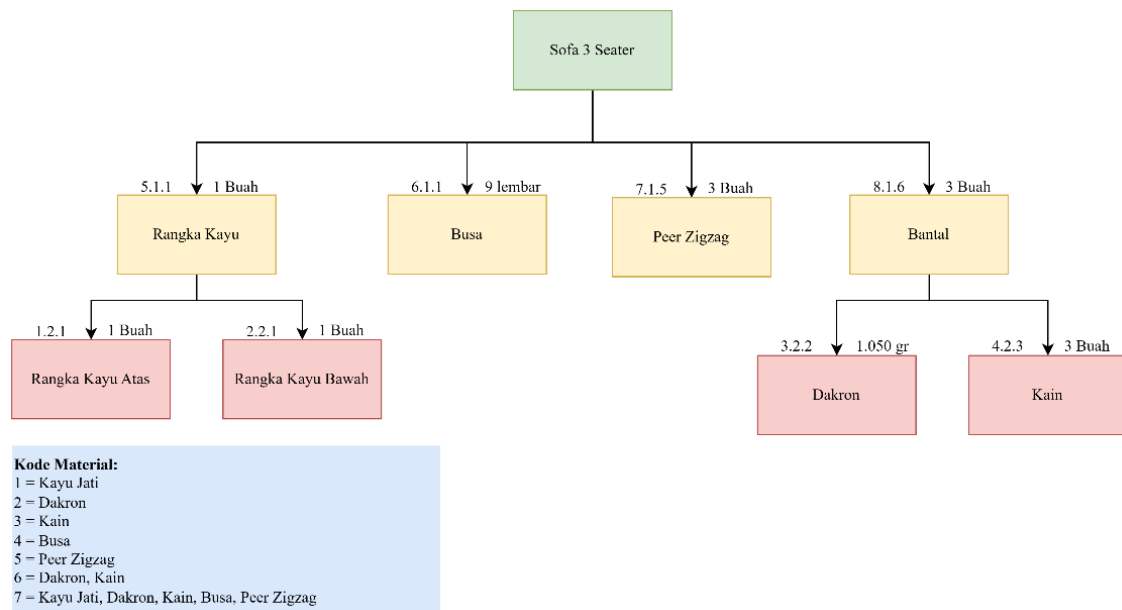
Keterangan	Nilai
Jumlah mesin	3 unit
Jenis mesin	<i>Staple gun compressor</i>
Jumlah operator	3 orang
Sistem kerja	Paralel
Jam kerja	08.00 – 16.00 WIB
Waktu istirahat	11.30 – 12.30 WIB
<i>Setup</i> dan persiapan material	40 menit
<i>Available time</i>	480 menit/hari
<i>Loading time</i>	380 menit/hari
Waktu efektif produksi	420 menit/hari

4.1.2 Alur Proses Produksi

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada XYZ furniture, proses produksi sofa 3 Seater diawali dengan penerimaan bahan baku yang terdiri atas kayu jati, busa, *peer zigzag*, dakron, dan kain. Selanjutnya, setiap material diproses sesuai dengan urutan aktivitas produksi hingga menghasilkan produk sofa yang siap dipasarkan. Untuk memberikan gambaran alur proses produksi secara sistematis, penelitian ini menggunakan *Bill of Material* (BOM) dan *Operation Process Chart* (OPC). *Bill of Material* (BOM) digunakan untuk menggambarkan struktur produk beserta hubungan antar komponen penyusunnya, sedangkan *Operation Process Chart* (OPC) digunakan untuk menggambarkan urutan aktivitas operasi dan inspeksi yang dilakukan selama proses produksi. Kedua alat tersebut memberikan informasi mengenai keterkaitan antara kebutuhan material dengan tahapan proses produksi sehingga keseluruhan proses pembuatan sofa dapat dipahami secara lebih terstruktur.

Bill of Material (BOM) merupakan representasi struktur produk yang menunjukkan hubungan hierarki antara produk akhir dengan seluruh komponen penyusunnya beserta jumlah kebutuhan setiap material (Gauri et al., 2025). Berdasarkan hasil observasi, sofa 3 *Seater* terdiri atas satu unit rangka kayu sebagai komponen utama, sembilan lembar busa, tiga buah *peer zigzag*, dan tiga buah bantal. Komponen bantal tersusun atas dakron sebanyak 1.050 gram dan tiga lembar kain, sedangkan rangka kayu

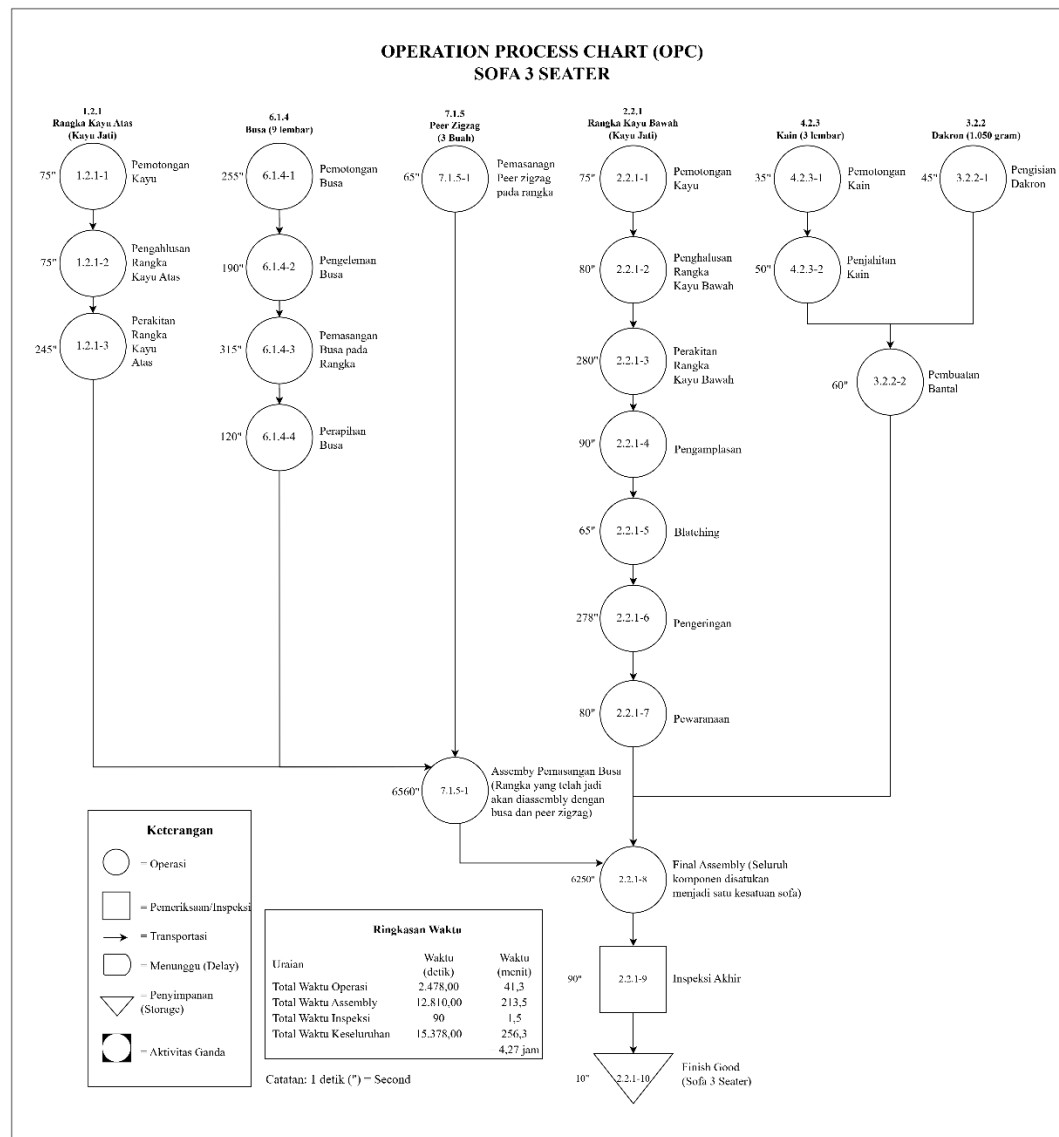
terdiri atas rangka kayu atas dan rangka kayu bawah. Struktur tersebut menunjukkan komponen-komponen yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit sofa 3 *Seater*.



Gambar 4. 1 *Bill of Material (BOM) Sofa 3 Seater*

Selanjutnya, alur aktivitas dalam proses produksi dijelaskan menggunakan *Operation Process Chart (OPC)*. OPC merupakan peta proses yang menggambarkan urutan aktivitas operasi dan inspeksi mulai dari bahan baku hingga menjadi produk jadi (Fajri, 2025). Melalui OPC, dapat diketahui hubungan antaraktivitas produksi, material yang digunakan pada setiap tahapan proses, serta urutan pekerjaan yang dilakukan selama proses pembuatan sofa.

Berdasarkan hasil penyusunan OPC, proses produksi sofa 3 *Seater* diawali dengan pembuatan rangka kayu yang meliputi proses pemotongan, perakitan rangka atas dan bawah, serta penyatuan rangka utama. Setelah itu dilakukan pemasangan *peer zigzag* sebagai penyangga dudukan, dilanjutkan dengan pemotongan, pengeleman, pemasangan, dan perapihan busa. Selanjutnya dilakukan pembuatan bantal menggunakan dakron dan kain, pemasangan bantal pada rangka sofa, proses *finishing*, serta inspeksi akhir untuk memastikan produk telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Berdasarkan OPC yang disusun, proses produksi sofa 3 *Seater* terdiri atas 14 aktivitas operasi dan 1 aktivitas inspeksi, sehingga secara keseluruhan terdapat 15 aktivitas yang dilakukan hingga menghasilkan satu unit produk sofa 3 *Seater*.



Gambar 4. 2 Operation Process Chart (OPC) Sofa 3 Seater

Berdasarkan *Bill of Material* (BOM) dan *Operation Process Chart* (OPC) yang telah disusun, dapat diketahui bahwa proses produksi sofa 3 *Seater* melibatkan beberapa *workstation*, yaitu *workstation* pemotongan kayu, perakitan rangka, *finishing* rangka, pemasangan busa, dan perakitan akhir. Penyajian *Bill of Material* (BOM) dan *Operation Process Chart* (OPC) memberikan gambaran mengenai keterkaitan antara struktur produk, kebutuhan material, serta urutan aktivitas yang dilakukan selama proses produksi. Informasi tersebut menjadi dasar dalam memahami karakteristik proses produksi sofa 3 *Seater* secara menyeluruh sebelum dilakukan analisis pada tahapan penelitian berikutnya.

4.1.3 Data Output Produksi *Workstation* Pemasangan Busa

Data penelitian yang digunakan merupakan data *output* pada *workstation* pemasangan busa. Data tersebut menggambarkan jumlah produk yang telah menyelesaikan proses pada *workstation* pemasangan busa dan selanjutnya diproses pada tahapan produksi berikutnya sebagai *work in process* (WIP). Data output tersebut digunakan sebagai acuan dalam perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), dengan periode pengamatan yang difokuskan pada bulan Januari hingga Februari 2026. Perhitungan OEE dilakukan menggunakan 30 data produksi yang merepresentasikan 30 hari kerja selama periode pengamatan.

Tabel 4. 2 Data Hasil Produksi *Workstation* Pemasangan Busa

No.	Tanggal	Output	No.	Tanggal	Output
1	02/01/2026	5	16	21/01/2026	3
2	03/01/2026	6	17	22/01/2026	4
3	05/01/2026	5	18	23/01/2026	5
4	06/01/2026	5	19	24/01/2026	5
5	07/01/2026	6	20	26/01/2026	5
6	08/01/2026	5	21	27/01/2026	4
7	09/01/2026	5	22	28/01/2026	4
8	10/01/2026	4	23	29/01/2026	4
9	12/01/2026	4	24	30/01/2026	5
10	13/01/2026	3	25	31/01/2026	6
11	14/01/2026	4	26	02/02/2026	5
12	15/01/2026	4	27	03/02/2026	3
13	17/01/2026	4	28	04/02/2026	3
14	19/01/2026	4	29	05/02/2026	3
15	20/01/2026	5	30	06/02/2026	3

4.1.4 *Unplanned Downtime Workstation* Pemasangan Busa

Data *unplanned downtime* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari pencatatan perusahaan selama periode pengamatan. Nilai total *breakdown* pada Tabel 4.3 merupakan akumulasi durasi *unplanned downtime* dari tiga mesin *staple gun compressor* pada *workstation* pemasangan busa yang digunakan sebagai

dasar perhitungan *Availability Ratio* pada metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).

Berikut merupakan data *unplanned downtime* pada *workstation* pemasangan busa sofa 3 Seater selama periode pengamatan Januari hingga Februari 2026.

Tabel 4. 3 Data *Unplanned Downtime Workstation* Pemasangan Busa

No.	Tanggal	Total	No.	Tanggal	Total
		<i>Breakdown</i> (menit)			<i>Breakdown</i> (menit)
1	02/01/2026	10	16	21/01/2026	2
2	03/01/2026	8	17	22/01/2026	17
3	05/01/2026	6	18	23/01/2026	6
4	06/01/2026	5	19	24/01/2026	16
5	07/01/2026	3	20	26/01/2026	1
6	08/01/2026	4	21	27/01/2026	6
7	09/01/2026	5	22	28/01/2026	10
8	10/01/2026	6	23	29/01/2026	14
9	12/01/2026	2	24	30/01/2026	5
10	13/01/2026	5	25	31/01/2026	11
11	14/01/2026	19	26	02/02/2026	2
12	15/01/2026	10	27	03/02/2026	9
13	17/01/2026	5	28	04/02/2026	5
14	19/01/2026	6	29	05/02/2026	17
15	20/01/2026	2	30	06/02/2026	14

4.1.5 Data *Downtime* Mesin dan Selang Waktu *Downtime*

Data yang dikumpulkan meliputi selang waktu antar *downtime* dan waktu *downtime* yang diperoleh melalui pengamatan langsung menggunakan *stopwatch*. Pengambilan data dilakukan terhadap satu mesin *staple gun compressor* dengan jumlah 30 sampel. Pemilihan satu mesin sebagai objek pengamatan didasarkan pada hasil konfirmasi dengan Kepala Divisi Produksi yang menyatakan bahwa ketiga mesin *staple gun compressor* memiliki karakteristik operasional yang relatif sama, sehingga satu mesin dinilai telah mewakili kondisi operasional *workstation* pemasangan busa. Selang waktu *downtime* menunjukkan waktu operasi mesin sejak gangguan sebelumnya hingga terjadinya

gangguan berikutnya, sedangkan waktu *downtime* menunjukkan durasi penghentian operasi mesin akibat kerusakan atau gangguan. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai input dalam proses penentuan distribusi statistik untuk membangun model simulasi yang merepresentasikan kondisi aktual sistem produksi. Data *downtime* mesin dan selang waktu *downtime* disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data *Downtime* dan Selang Waktu *Downtime*

Sampel	Selang waktu (detik)	Waktu Downtime (detik)	Sampel	Selang waktu (detik)	Waktu Downtime (detik)
1	3944	60	16	9767	900
2	9379	180	17	5620	120
3	4322	120	18	5651	180
4	14753	840	19	7557	60
5	10037	900	20	10114	720
6	5821	300	21	6832	360
7	8215	420	22	11876	600
8	6978	480	23	4923	840
9	12540	240	24	13325	240
10	7560	300	25	6074	600
11	3021	900	26	8996	120
12	9684	600	27	5217	540
13	11325	300	28	10453	300
14	8472	360	29	4348	900
15	6241	120	30	12781	780

4.1.6 Data Waktu Proses Mesin *Workstation* Pemasangan Busa

Data waktu proses mesin digunakan sebagai data input dalam pemodelan simulasi pada *workstation* pemasangan busa. Pengambilan data dilakukan secara langsung menggunakan *stopwatch* terhadap aktivitas proses pada masing-masing mesin *staple gun compressor*. Pengamatan dilakukan sebanyak 30 sampel waktu proses untuk setiap mesin pada proses pemasangan busa sofa 3 Seater.

Tabel 4. 5 Waktu Proses Mesin 1 Pemasangan Busa

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	4725	11	5737	21	5640
2	5926	12	4236	22	4478
3	4312	13	6354	23	4944
4	4053	14	4563	24	4584
5	5282	15	5567	25	5243
6	5314	16	4683	26	4703
7	6501	17	4401	27	5741
8	6295	18	5046	28	5593
9	4530	19	5590	29	5309
10	6687	21	4956	30	5535

Tabel 4. 6 Waktu Proses Mesin 2 Pemasangan Busa

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	4018	11	4434	21	5263
2	4053	12	5198	22	5439
3	4304	13	5701	23	4774
4	4889	14	6208	24	6361
5	5158	15	4030	25	5596
6	5352	16	5293	26	5891
7	4224	17	5017	27	5515
8	5722	18	4603	28	4359
9	4904	19	4978	29	4734
10	6173	21	4460	30	5607

Tabel 4. 7 Waktu Proses Mesin 3 Pemasangan Busa

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	6201	11	4110	21	5755
2	4524	12	4936	22	4694
3	5747	13	5865	23	6383
4	5891	14	5065	24	6603

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
5	4656	15	6312	25	5822
6	5686	16	6082	26	6454
7	6669	17	4638	27	6190
8	5013	18	4601	28	5639
9	5090	19	5481	29	5178
10	5969	21	5004	30	5449

4.1.7 Data Waktu Proses Mesin Keseluruhan

Data waktu proses mesin keseluruhan digunakan sebagai data input dalam pemodelan simulasi pada *software Discrete Event Simulation* (DES). Pengambilan data dilakukan secara langsung menggunakan *stopwatch* pada setiap *workstation* yang terlibat dalam proses produksi sofa 3 *Seater*. Pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali pengambilan sampel pada tiap proses untuk memperoleh data waktu proses yang merepresentasikan kondisi aktual sistem produksi. Data waktu proses tersebut digunakan untuk mendukung pembentukan model simulasi agar perilaku sistem pada model mendekati kondisi nyata di lapangan.

Tabel 4. 8 Waktu Proses Pemotongan Busa

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	2871	11	2755	21	2659
2	2730	12	2598	22	2836
3	2408	13	2663	23	2822
4	2508	14	2382	24	2231
5	2845	15	2566	25	2364
6	2744	16	2832	26	2554
7	2218	17	2454	27	2297
8	2261	18	2467	28	2363
9	2480	19	2728	29	2462
10	2369	21	2449	30	2836

Tabel 4. 9 Waktu Proses Pemotongan Kayu

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	548	11	778	21	730
2	781	12	532	22	669
3	589	13	754	23	696
4	636	14	787	24	551
5	731	15	775	25	545
6	677	16	672	26	721
7	737	17	705	27	718
8	791	18	686	28	678
9	625	19	653	29	594
10	685	21	644	30	737

Tabel 4. 10 Waktu Proses Penghalusan rangka atas 1

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	602	11	796	21	737
2	899	12	627	22	877
3	803	13	881	23	771
4	683	14	620	24	860
5	708	15	642	25	793
6	813	16	855	26	716
7	634	17	863	27	843
8	669	18	740	28	772
9	882	19	911	29	816
10	681	21	755	30	751

Tabel 4. 11 Waktu Proses Penghalusan rangka atas 2

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	718	11	722	21	580
2	702	12	785	22	703
3	830	13	875	23	598
4	665	14	722	24	770

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
5	686	15	679	25	592
6	590	16	908	26	821
7	828	17	592	27	720
8	749	18	880	28	698
9	772	19	758	29	823
10	691	21	631	30	708

Tabel 4. 12 Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	1738	11	2478	21	1703
2	2136	12	2303	22	2087
3	2213	13	1782	23	1790
4	2143	14	2041	24	1916
5	2288	15	2317	25	2092
6	2524	16	2020	26	2321
7	1828	17	1783	27	1826
8	1978	18	2273	28	2439
9	2322	19	2513	29	2504
10	2401	21	1868	30	1956

Tabel 4. 13 Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
1	2425	11	1795	21	1943
2	2170	12	2212	22	2425
3	2507	13	2070	23	2240
4	2059	14	2037	24	2292
5	1966	15	2021	25	1983
6	2581	16	1972	26	2153
7	2345	17	2515	27	2360
8	2439	18	1658	28	2123
9	2020	19	2246	29	1632

Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)	Sampel	Waktu (Detik)
10	2118	21	1762	30	2152

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Perhitungan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Perhitungan OEE dilakukan untuk mengukur tingkat efektivitas *workstation* Pemasangan Busa melalui komponen *availability*, *performance*, dan *quality*. Perhitungan ini menggunakan data operasional selama 30 hari kerja pada periode 2 Januari – 5 Februari 2026. Pemilihan periode pengamatan selama 30 hari kerja dilakukan untuk menjaga kesesuaian antara kondisi aktual (*existing system*) dan model simulasi yang akan dikembangkan pada penelitian ini. Model simulasi nantinya juga dijalankan selama 30 hari kerja sehingga periode pengamatan pada sistem aktual dan periode *running* simulasi memiliki *horizon* waktu yang sama. Dengan demikian, hasil pengukuran kinerja menggunakan nilai OEE pada kondisi aktual dapat dibandingkan secara lebih objektif dengan hasil yang diperoleh dari model simulasi maupun skenario perbaikan yang diusulkan. Berikut merupakan contoh perhitungan masing-masing komponen OEE pada *workstation* Pemasangan Busa.

A. *Availability*

Availability ratio digunakan untuk mengukur tingkat ketersediaan mesin selama waktu produksi yang direncanakan. Nilai *availability* diperoleh dengan membandingkan *operation time* terhadap *loading time*. Sebelum menghitung *availability ratio*, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *loading time* dan *operation time*. *Loading time* merupakan waktu produksi yang tersedia setelah dikurangi *planned downtime*, sedangkan *operation time* merupakan waktu aktual mesin beroperasi setelah dikurangi *downtime* yang terjadi.

$$\begin{aligned} \text{Loading Time 1 hari} &= \text{Total Waktu Kerja} - \text{Planned Downtime} \\ &= 480 - 100 = 380 \text{ menit} = 6,20 \text{ jam} \end{aligned} \quad (4.1)$$

$$\text{Loading Time 30 hari} = 380 \times 30 \text{ Hari} = 11400 \text{ menit} = 190 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Operation Time 30 hari} &= \text{Loading Time} - \text{Downtime} \\ &= 11400 - 229 = 11170 \text{ menit} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$Availability Ratio = \frac{Operation Time}{Loading Time} \times 100\% = \frac{11170}{11400} \times 100\% = 98\% \quad (4.3)$$

B. Performance

Performance ratio digunakan untuk mengukur kemampuan *workstation* dalam menghasilkan *output* dibandingkan dengan kapasitas idealnya. Perhitungan *performance* dilakukan dengan membandingkan jumlah *output* aktual yang dihasilkan terhadap waktu operasi yang tersedia berdasarkan *ideal cycle time*.

$$Ideal Cycle Time = \frac{Loading Time}{Output/day} = \frac{380}{6} = 63 \frac{menit}{produk} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} Performance Ratio &= \frac{Total Actual Output \times Ideal Cycle Time}{Operating Time} \times 100\% \\ &= \frac{131 \times 63}{380} \times 100\% = 74\% \end{aligned} \quad (4.5)$$

C. Quality

Quality ratio digunakan untuk mengukur kemampuan *workstation* dalam menghasilkan produk sesuai standar kualitas yang ditetapkan. Nilai *quality* diperoleh dari perbandingan jumlah produk baik (*good product*) terhadap total *output* yang dihasilkan.

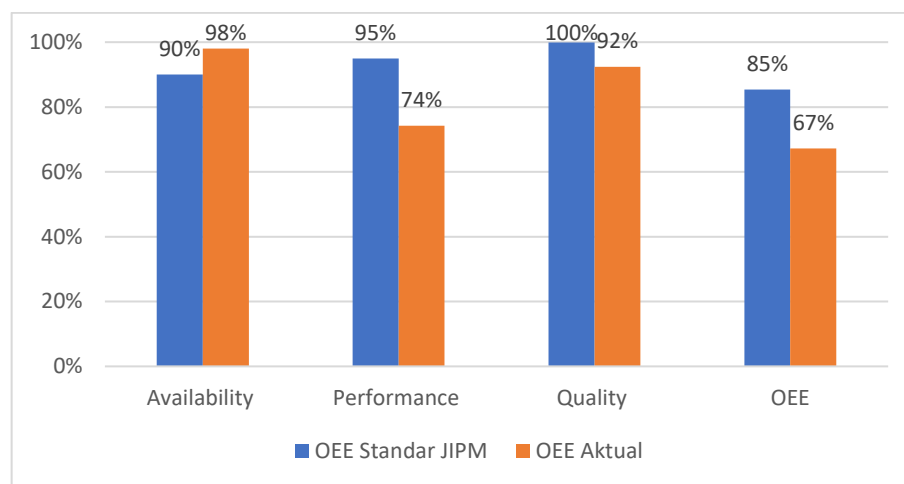
$$\begin{aligned} Quality Ratio &= \frac{Total Output - Output Rework}{Total Output} \times 100\% \\ &= \frac{131 - 10}{131} \times 100\% = 92\% \end{aligned} \quad (4.6)$$

D. Overall Equipment Effectiveness

Setelah nilai *availability*, *performance*, dan *quality* diperoleh, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Nilai OEE merupakan hasil perkalian ketiga komponen tersebut yang menunjukkan tingkat efektivitas *workstation* secara keseluruhan.

$$\begin{aligned} OEE &= Availability \times Performance \times Quality \\ &= 98\% \times 74\% \times 92\% = 67\% \end{aligned} \quad (4.7)$$

Berdasarkan hasil perhitungan OEE pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.14, diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 67%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efektivitas *workstation* pemasangan busa masih berada di bawah standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) sebesar 85% (Handayani, 2026). Oleh karena itu, diperlukan analisis lebih lanjut terhadap komponen penyusun OEE untuk mengidentifikasi faktor yang paling berpengaruh terhadap rendahnya efektivitas *workstation*.



Gambar 4. 3 Hasil OEE Eksisting

Tabel 4. 14 Perhitungan OEE 2 Januari – 5 Februari 2026

Komponen	Nilai
<i>Availability Ratio</i>	98%
<i>Performance Ratio</i>	74%
<i>Quality Ratio</i>	92%
<i>Overall Equipment Effectiveness</i>	67%

Berdasarkan Gambar 4.3 dan Tabel 4.14 diketahui bahwa *Availability Ratio* memiliki nilai tertinggi yaitu sebesar 98%, yang menunjukkan bahwa mesin dan peralatan pada *workstation* pemasangan busa memiliki tingkat ketersediaan yang baik selama periode pengamatan. Selain itu, *Quality Ratio* sebesar 92% menunjukkan bahwa sebagian besar produk yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan perusahaan.

Namun demikian, *Performance Ratio* hanya mencapai 74% dan merupakan komponen dengan nilai terendah dibandingkan komponen OEE lainnya. Kondisi tersebut

menunjukkan bahwa kecepatan produksi aktual masih berada di bawah kecepatan produksi yang seharusnya dapat dicapai selama waktu operasi yang tersedia. Dengan kata lain, *workstation* pemasangan busa belum mampu memanfaatkan waktu operasi secara optimal untuk menghasilkan *output* sesuai kapasitas yang diharapkan.

Rendahnya nilai *Performance Ratio* mengindikasikan adanya kehilangan performansi (*performance loss*) yang menyebabkan proses produksi berjalan lebih lambat dari kondisi ideal. Oleh karena itu, fokus analisis selanjutnya diarahkan pada identifikasi akar penyebab yang memengaruhi rendahnya nilai *Performance Ratio* menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA).

4.2.2 Root Cause Analysis

Berdasarkan hasil analisis komponen OEE, diketahui bahwa *Performance Ratio* merupakan komponen dengan nilai terendah yaitu sebesar 74%. Oleh karena itu, dilakukan *Root Cause Analysis* (RCA) untuk mengidentifikasi akar penyebab yang menyebabkan rendahnya performansi pada *workstation* pemasangan busa.

Analisis RCA dilakukan menggunakan pendekatan *5 Whys*, yaitu dengan menelusuri hubungan sebab-akibat dari permasalahan yang terjadi hingga diperoleh akar penyebab yang paling mendasar. Penyusunan setiap tahapan *why* dilakukan berdasarkan hasil observasi langsung terhadap proses pemasangan busa serta diskusi dengan operator. Hasil identifikasi yang diperoleh kemudian dikonfirmasi kepada kepala produksi untuk memastikan bahwa hubungan sebab-akibat yang disusun telah sesuai dengan kondisi aktual pada *workstation* pemasangan busa dan dapat merepresentasikan akar penyebab rendahnya nilai *Performance Ratio*.

Permasalahan utama yang dianalisis adalah rendahnya *Performance Ratio* yang menyebabkan *output* aktual belum mencapai kapasitas produksi yang diharapkan meskipun tingkat *availability* mesin berada pada kondisi yang baik. Hasil analisis RCA menggunakan metode *5 Whys* disajikan pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 RCA 5 *Whys* Permasalahan *Performance Ratio*

No.	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
1.	Kecepatan kerja antar operator berbeda	Setiap operator menggunakan metode kerja yang berbeda	Belum terdapat prosedur kerja baku yang terdokumentasi	Belum dilakukan standardisasi metode kerja	Belum dilakukan evaluasi dan penerapan SOP kerja secara berkala
2.	Waktu proses produksi tidak konsisten	Produk memiliki ukuran dan spesifikasi yang berbeda	Belum terdapat standar waktu kerja untuk masing-masing jenis produk	Belum dilakukan penetapan waktu standar	Belum dilakukan pengukuran waktu kerja berdasarkan karakteristik produk
3.	Proses pemasangan busa memerlukan waktu lebih lama dari yang diharapkan	Operator masih melakukan penyesuaian posisi material dan busa	Belum tersedia panduan kerja yang terstandarisasi	Belum dilakukan standardisasi metode pemasangan busa	Belum dilakukan penyusunan instruksi kerja pemasangan busa

Berdasarkan hasil analisis RCA yang telah dikonfirmasi dengan kepala produksi sebagaimana disajikan pada Tabel 4.15, diketahui bahwa rendahnya nilai *Performance Ratio* dipengaruhi oleh tiga faktor utama, yaitu belum adanya standardisasi metode kerja, belum ditetapkannya waktu standar untuk setiap jenis produk, serta belum tersedianya panduan kerja yang terstandarisasi pada *workstation* pemasangan busa. Ketiga faktor tersebut menyebabkan variasi waktu proses antar operator maupun antar jenis produk sehingga *output* produksi yang dihasilkan belum mampu mencapai target yang telah ditetapkan perusahaan. Hasil identifikasi akar penyebab tersebut selanjutnya digunakan

sebagai dasar dalam penyusunan alternatif perbaikan yang akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

4.2.3 Penyusunan Alternatif Perbaikan

Berdasarkan hasil *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan metode *5 Whys* pada Subbab 4.2.2, diperoleh beberapa akar penyebab yang memengaruhi rendahnya nilai *Performance Ratio* pada *workstation* pemasangan busa, yaitu belum adanya *Standard Operating Procedure* (SOP) dan *standard work* sebagai acuan kerja operator serta belum ditetapkannya waktu standar kerja untuk setiap jenis produk. Akar penyebab tersebut menjadi dasar dalam penyusunan alternatif perbaikan yang bertujuan untuk mengurangi variasi waktu proses, meningkatkan konsistensi metode kerja operator, serta meningkatkan produktivitas pada *workstation* pemasangan busa.

Penyusunan alternatif perbaikan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *incremental improvement*, yaitu perbaikan yang dilakukan secara bertahap terhadap metode kerja tanpa mengubah konfigurasi sistem produksi yang telah berjalan. Pendekatan ini dipilih karena hasil RCA menunjukkan bahwa permasalahan yang terjadi lebih banyak disebabkan oleh aspek metode kerja dibandingkan keterbatasan mesin maupun fasilitas produksi. Dengan demikian, perbaikan difokuskan pada penyempurnaan metode kerja yang dapat diterapkan secara bertahap sesuai dengan kondisi operasional perusahaan.

Selain didasarkan pada hasil RCA, penyusunan alternatif perbaikan juga mempertimbangkan hasil diskusi dengan kepala produksi. Berdasarkan hasil diskusi tersebut diperoleh informasi bahwa penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja diperkirakan mampu meningkatkan efisiensi proses kerja operator secara bertahap sesuai dengan kondisi operasional perusahaan. Oleh karena itu, beberapa akar penyebab yang memiliki keterkaitan dikelompokkan ke dalam satu program perbaikan agar usulan yang diberikan lebih terarah dan sesuai dengan kondisi operasional perusahaan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, tiga akar penyebab yang diperoleh dari hasil RCA dirumuskan menjadi dua alternatif perbaikan utama.

Alternatif perbaikan yang disusun berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Alternatif Perbaikan

Hasil <i>Root Cause Analysis</i>	Alternatif Perbaikan	Tujuan
Belum terdapat SOP dan <i>standard work</i> sebagai acuan kerja operator	Penyusunan SOP dan <i>standard work</i> proses pemasangan busa	Menyeragamkan metode kerja operator sehingga variasi waktu proses dapat dikurangi
Belum terdapat waktu standar kerja berdasarkan karakteristik produk	Penetapan waktu standar kerja untuk setiap jenis produk	Menjadikan waktu proses sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan sehingga konsistensi proses dan pencapaian target produksi dapat ditingkatkan

Berdasarkan Tabel 4.16, alternatif perbaikan difokuskan pada penyusunan SOP dan *standard work* sebagai pedoman kerja operator serta penetapan waktu standar kerja berdasarkan karakteristik produk. Kedua alternatif tersebut dipilih karena secara langsung berkaitan dengan akar penyebab yang diperoleh dari hasil RCA serta dapat diterapkan tanpa memerlukan perubahan terhadap konfigurasi sistem produksi maupun penambahan fasilitas produksi.

Alternatif perbaikan yang telah disusun selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan skenario eksperimen pada model *Discrete Event Simulation* (DES). Setiap alternatif akan diterapkan secara bertahap sesuai dengan pendekatan *incremental improvement* sehingga pengaruh masing-masing tahapan perbaikan terhadap peningkatan *output* produksi, *Performance Ratio*, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat dievaluasi melalui model simulasi. Proses penyusunan skenario eksperimen dijelaskan lebih lanjut pada Subbab 4.2.10 Perancangan Desain Eksperimen.

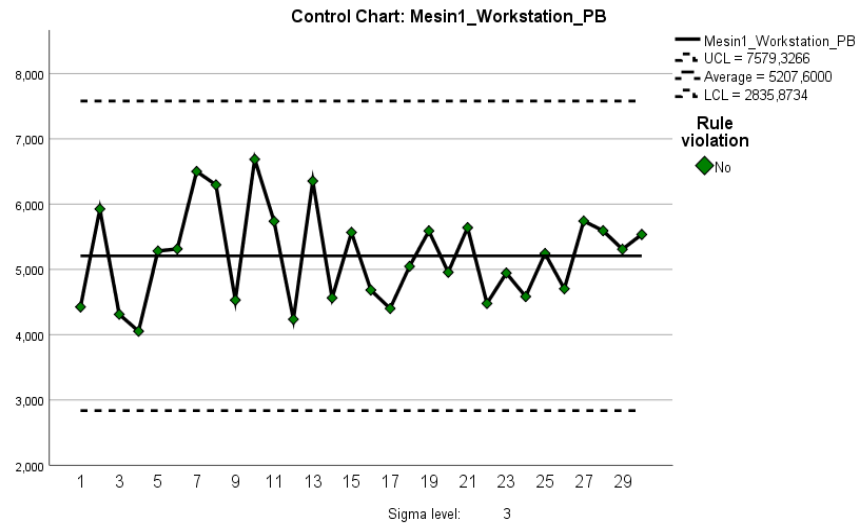
4.2.4 Uji Keseragaman Data

Setelah dilakukan analisis akar penyebab permasalahan menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), tahap selanjutnya adalah melakukan pengolahan data yang akan digunakan sebagai input pada model simulasi usulan. Pengolahan data ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam simulasi telah mewakili kondisi sistem produksi yang sebenarnya dan tidak mengandung penyimpangan yang signifikan.

Tahap awal dalam pengolahan data tersebut adalah melakukan uji keseragaman data terhadap seluruh data waktu proses yang digunakan sebagai parameter model simulasi. Uji keseragaman dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berasal dari sistem yang stabil dan berada dalam batas kendali statistik sehingga layak digunakan pada

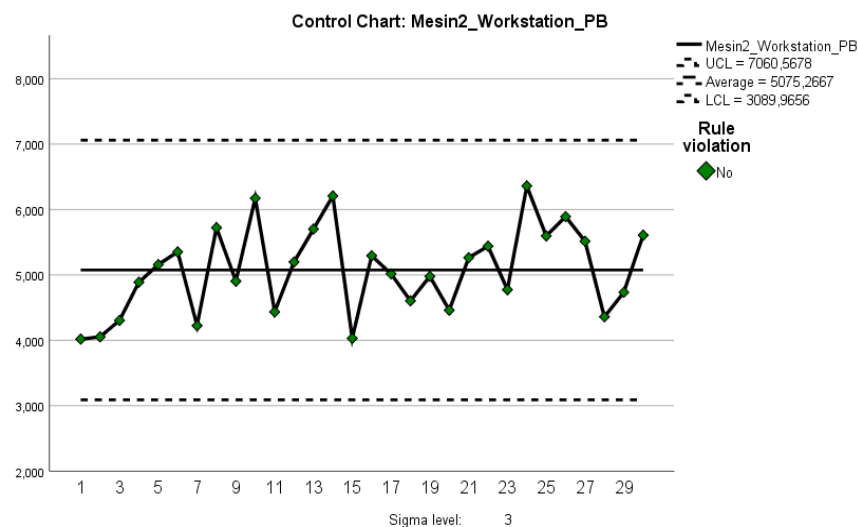
tahap analisis selanjutnya. Data yang diuji meliputi waktu proses pada setiap stasiun kerja yang terlibat dalam proses produksi produk sofa 3 *seater*.

a. Waktu Proses Mesin 1 *Workstation* Pemasangan Busa



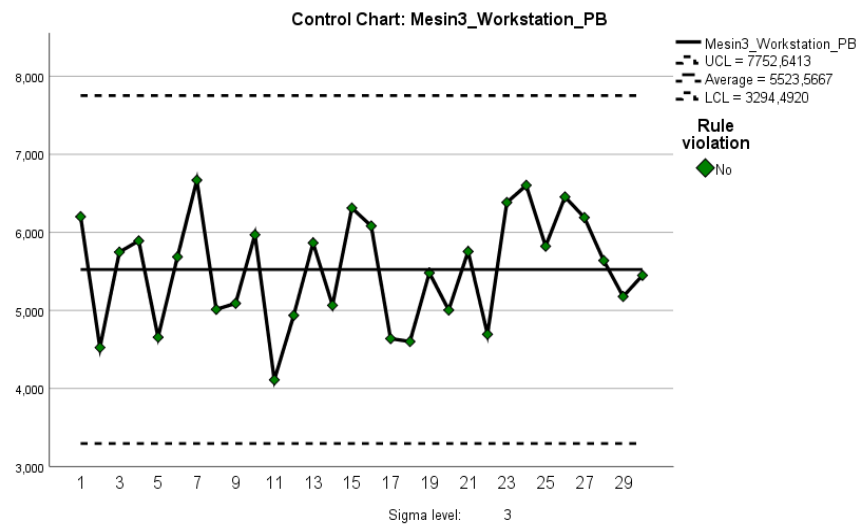
Gambar 4. 4 Keseragaman Data Mesin 1 *Workstation* Pemasangan Busa

b. Waktu Proses Mesin 2 *Workstation* Pemasangan Busa



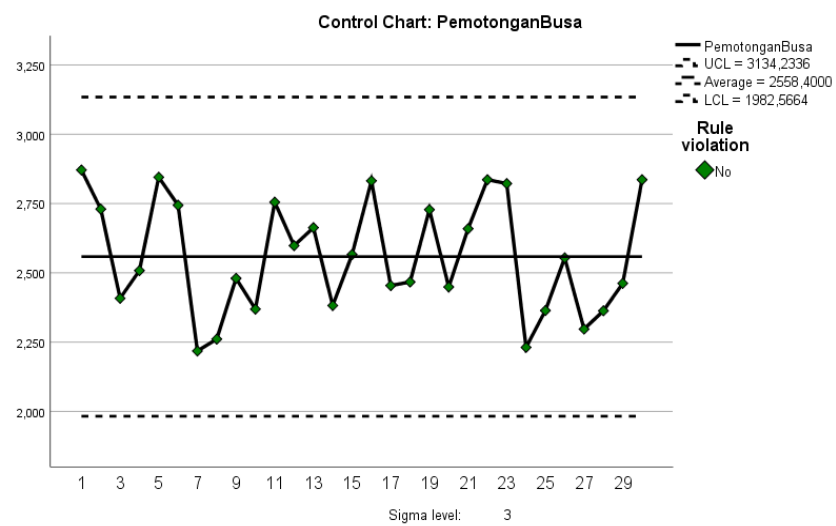
Gambar 4. 5 Keseragaman Data Mesin 2 *Workstation* Pemasangan Busa

c. Waktu Proses Mesin 3 *Workstation* Pemasangan Busa



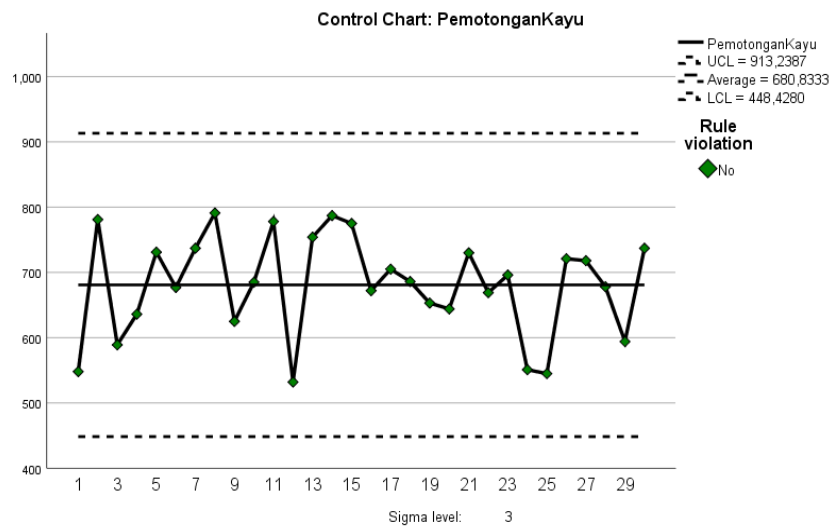
Gambar 4. 6 Keseragaman Data Mesin 3 Workstation Pemasangan Busa

d. Waktu Proses Pemotongan Busa



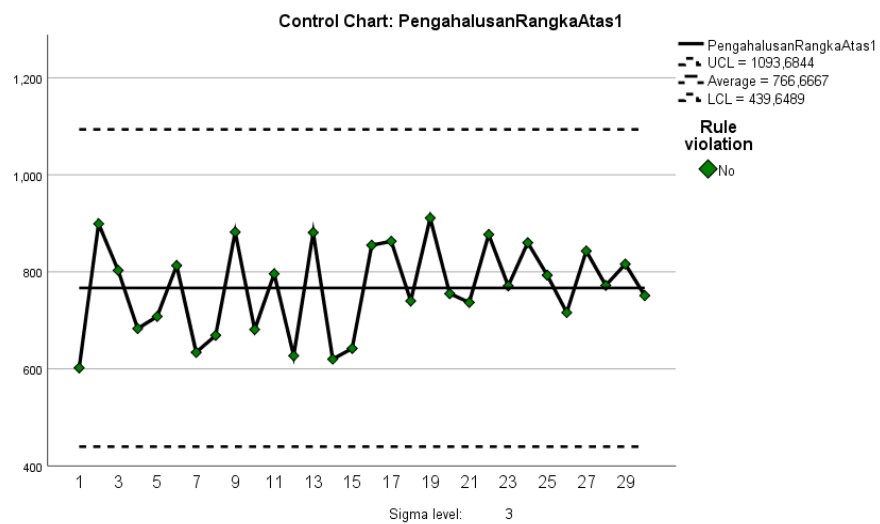
Gambar 4. 7 Keseragaman Data Pemotongan Busa

e. Waktu Proses Pemotongan Kayu



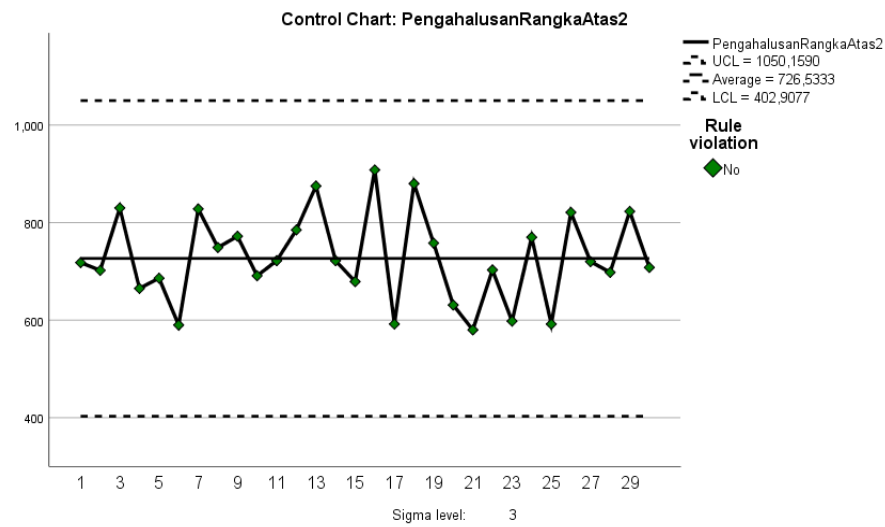
Gambar 4. 8 Keseragaman Data Pemotongan Kayu

f. Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 1



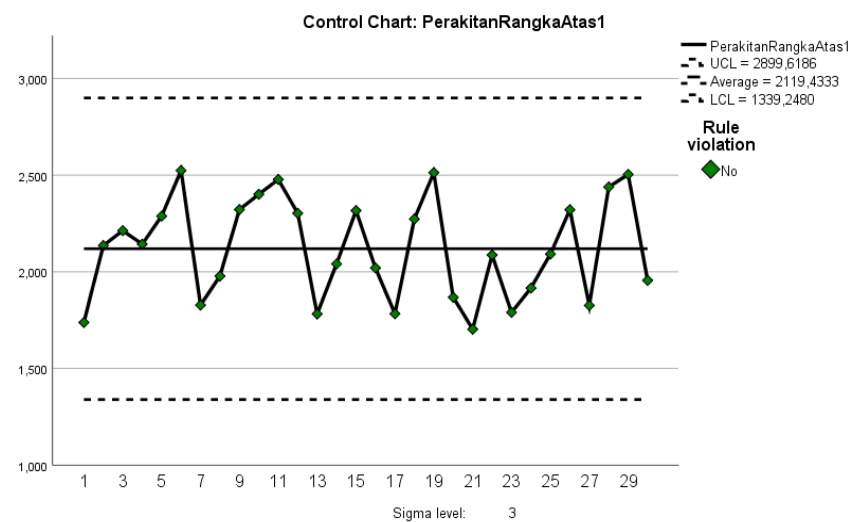
Gambar 4. 9 Keseragaman Data Penghalusan Rangka Atas 1

g. Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 2



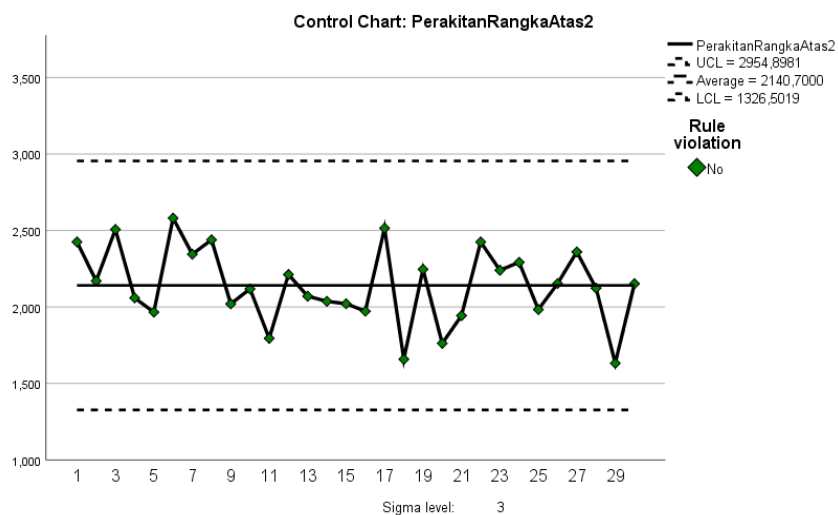
Gambar 4. 10 Keseragaman Data Penghalusan Rangka Atas 2

h. Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1



Gambar 4. 11 Keseragaman Data Perakitan Rangka Atas 1

i. Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2



Gambar 4. 12 Keseragaman Data Perakitan Rangka Atas 2

Keterangan:

- UCL (*Upper Control Limit*) : Batas Kendali Atas
- Average : Nilai rata-rata data pengamatan
- LCL (*Lower Control Limit*) : Batas Kendali Bawah

Berdasarkan hasil pengujian statistik yang dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS, diperoleh hasil uji keseragaman data yang menunjukkan kondisi data pengamatan selama periode penelitian. Hasil pengujian tersebut selanjutnya disajikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Hasil Uji Keseragaman Data

No.	Data	UCL	Average	LCL	Hasil
1	Waktu Proses M1 WS Pemasangan Busa	7579.3266	5207.6000	2835.8734	Terkendali
2	Waktu Proses M2 WS Pemasangan Busa	7060.5678	5075.2667	3089.9656	Terkendali
3	Waktu Proses M3 WS Pemasangan Busa	7752.6413	5523.5667	3294.4921	Terkendali
4	Waktu Proses Pemotongan Busa	3134.2336	2558.4000	1982.5664	Terkendali
5	Waktu Proses Pemotongan Kayu	913.2387	680.8333	448.4280	Terkendali
6	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 1	1093.6844	766.6667	439.6489	Terkendali
7	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 2	1050.1590	726.5333	402.9077	Terkendali
8	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1	2899.6186	2119.4333	1339.2480	Terkendali
9	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2	2954.8981	2140.7000	1326.5019	Terkendali

4.2.5 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk memastikan bahwa jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian telah mampu merepresentasikan populasi yang diamati. Pada penelitian

ini, pengujian dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 5%. Perhitungan kecukupan data menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N' = \left[\frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2}}{\sum X} \right]^2 \quad (4.8)$$

$$N' = \left[\frac{\frac{2}{0.05} \sqrt{30(831330320) - (156528)^2}}{156528} \right]^2 \quad N' = 28,66 \quad (4.9)$$

Keterangan:

N' = Jumlah data yang dibutuhkan

N = Jumlah data hasil pengamatan

X = Nilai pengamatan

K = Tingkat kepercayaan

S = Tingkat ketelitian

Tahap perhitungan uji kecukupan data dilakukan menggunakan data hasil pengamatan yang telah diperoleh pada penelitian ini. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai N' sebesar 28,66. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan jumlah data aktual yang digunakan dalam penelitian, yaitu sebanyak 30 data.

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa $N' < N$, yaitu $28,66 < 30$. Dengan demikian, jumlah data yang digunakan telah memenuhi syarat kecukupan sehingga dapat dianggap mampu mewakili populasi dan layak digunakan untuk proses analisis selanjutnya. Secara keseluruhan, hasil uji kecukupan data untuk seluruh data yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4. 18

Tabel 4. 18 Hasil Uji Kecukupan Data

No.	Data	N'	N	Hasil
1	Waktu Proses M1 WS Pemasangan Busa	28.66	30	Data Mencukupi
2	Waktu Proses M2 WS Pemasangan Busa	27.05	30	Data Mencukupi
3	Waktu Proses M3 WS Pemasangan Busa	24.60	30	Data Mencukupi
4	Waktu Proses Pemotongan Busa	10.00	30	Data Mencukupi
5	Waktu Proses Pemotongan Kayu	19.65	30	Data Mencukupi
6	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 1	22.61	30	Data Mencukupi

No.	Data	N'	N	Hasil
7	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 2	24.25	30	Data Mencukupi
8	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1	23.59	30	Data Mencukupi
9	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2	20.81	30	Data Mencukupi

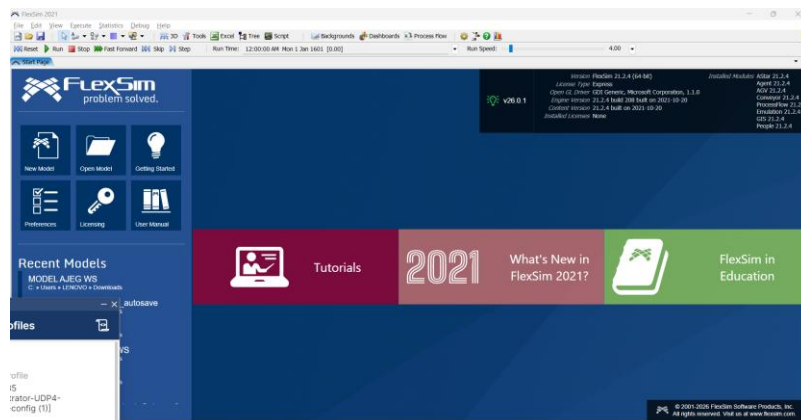
4.2.6 Penentuan Uji Distribusi

Setelah data dinyatakan seragam dan mencukupi, tahap selanjutnya adalah melakukan uji distribusi data. Uji distribusi bertujuan untuk menentukan jenis distribusi probabilitas yang paling sesuai dengan karakteristik data hasil pengamatan yang akan digunakan sebagai input pada model simulasi. Dalam penelitian ini, penentuan distribusi data dilakukan menggunakan *tools ExpertFit* yang tersedia pada *software* FlexSim 2021.

ExpertFit merupakan *tools* yang digunakan untuk mengidentifikasi distribusi statistik yang paling sesuai berdasarkan data sampel yang dimasukkan. Hasil distribusi yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai parameter input pada model simulasi sehingga perilaku sistem yang dimodelkan dapat mendekati kondisi aktual di lapangan.

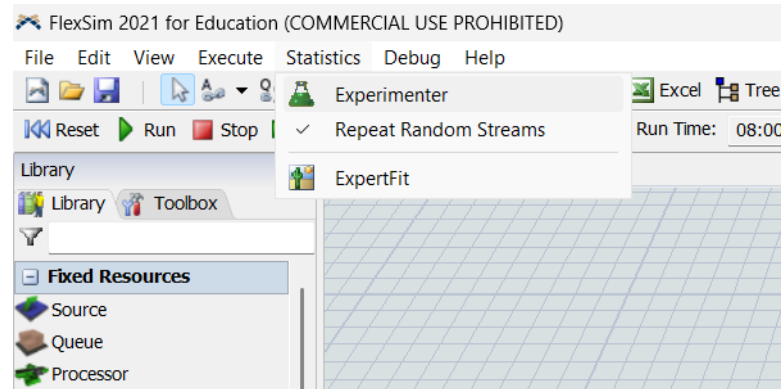
Adapun langkah-langkah penentuan distribusi data menggunakan *ExpertFit* sebagai berikut:

- 1) Membuka *software* FlexSim 2021 dan memilih *menu New Model*.

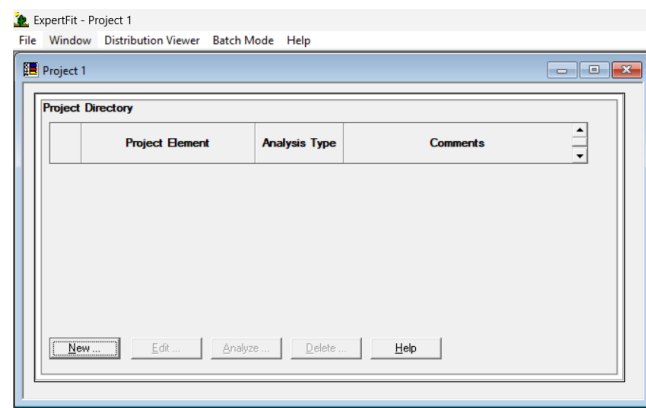
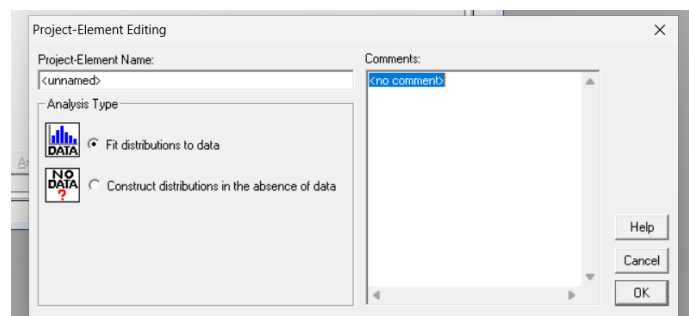


Gambar 4. 13 Tampilan Awal FlexSim 2021

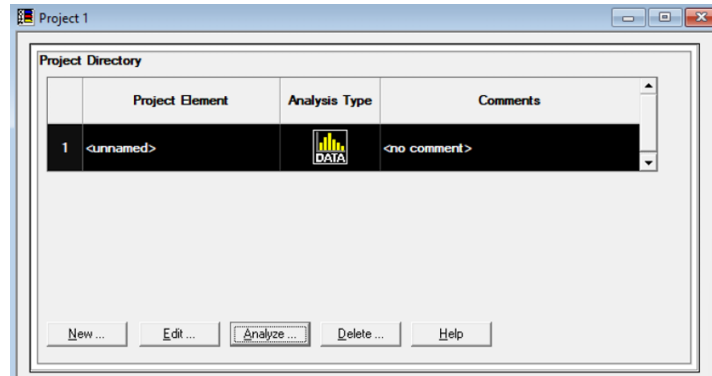
- 2) Memilih *menu Statistics*, kemudian memilih *ExpertFit*.

Gambar 4. 14 *Tools ExpertFit*

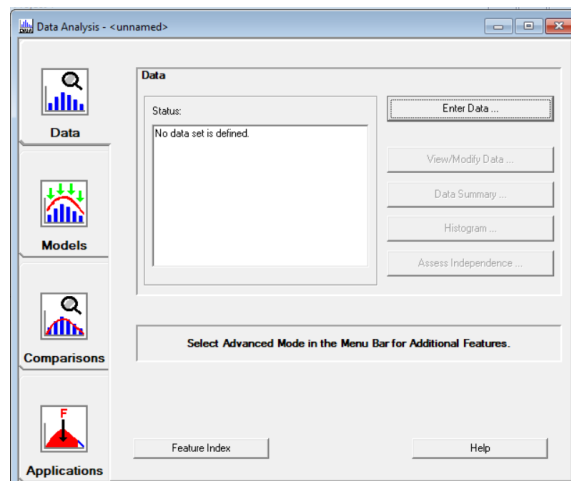
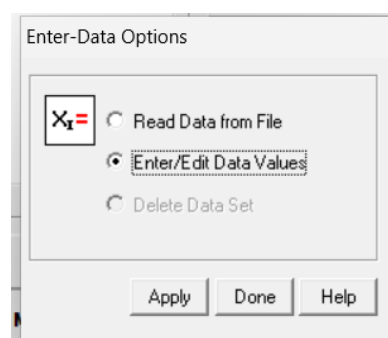
- 3) Pada jendela *ExpertFit*, memilih *New* kemudian *Fit Distribution to Data*, lalu klik *OK*.

Gambar 4. 15 Tampilan Awal *ExpertFit*Gambar 4. 16 Tampilan *Project-Element Editing*

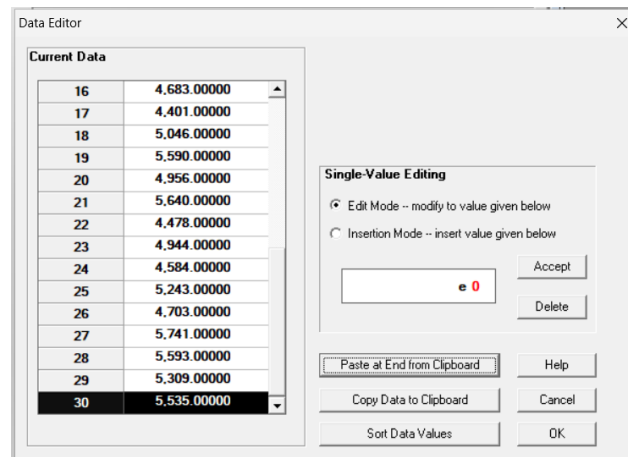
- 4) Pada jendela *Project*, memilih menu *Analyze*.

Gambar 4. 17 *Project Directory*

- 5) Pada menu *Data Analysis*, memilih *Data* kemudian *Enter Data*. Selanjutnya pada jendela *Enter-Data Options*, memilih *Enter/Edit Data Values* dan klik *Apply*.

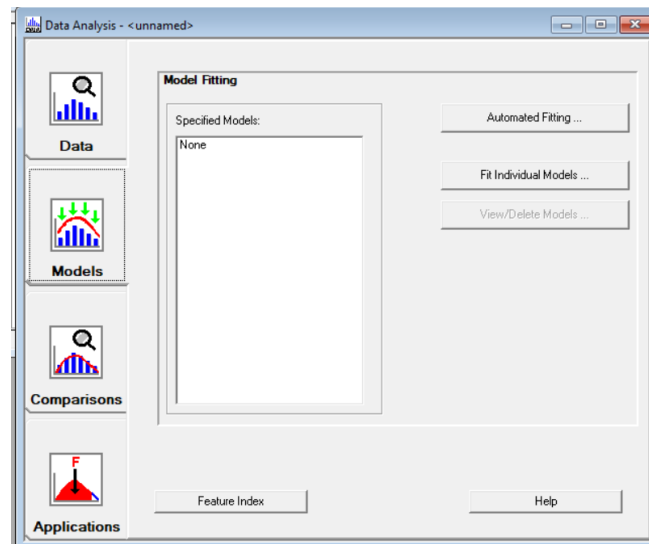
Gambar 4. 18 *Data Analysis*Gambar 4. 19 *Enter- Data Options*

- 6) Memasukkan data pengamatan ke dalam *Data Editor* dengan cara menyalin data yang akan dianalisis, kemudian memilih *Paste at End From Clipboard*. Setelah seluruh data berhasil dimasukkan, klik *OK*.



Gambar 4. 20 Data Editor

- 7) Memilih *menu Models* dan menjalankan proses *Automated Fitting*. Hasil analisis distribusi akan ditampilkan pada jendela *Automated Fitting Results*.



Gambar 4. 21 Models

Automated-Fitting Results

Relative Evaluation of Candidate Models			
Model	Relative Score	Parameters	
1 - Beta	97.50	Lower endpoint	3,991.86580
		Upper endpoint	7,079.65417
		Shape #1	1.47911
		Shape #2	2.25188
2 - Johnson SB	97.50	Lower endpoint	3,936.81111
		Upper endpoint	7,077.98242
		Shape #1	0.41569
		Shape #2	0.87500
3 - Rayleigh(E)	90.83	Location	3,826.94269
		Scale	1,556.14545

31 models are defined with scores between 0.00 and 97.50

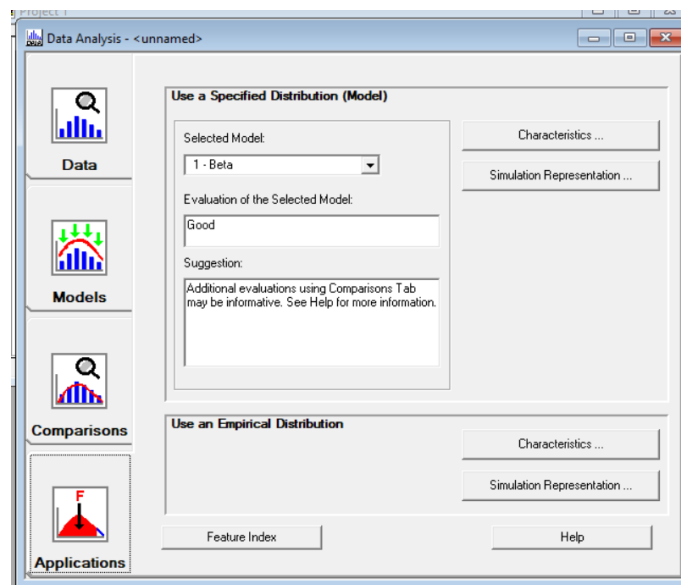
Absolute Evaluation of Model 1 - Beta
 Evaluation: Good
 Suggestion: Additional evaluations using Comparisons Tab might be informative.
 See Help for more information.

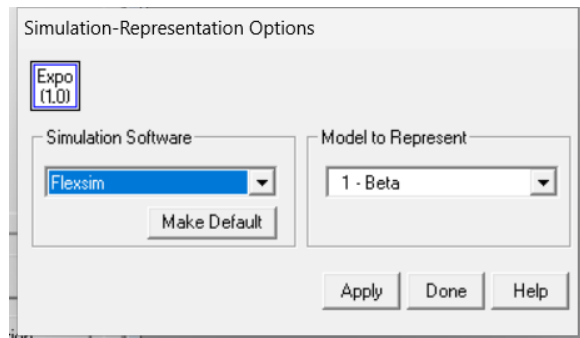
Additional Information about Model 1 - Beta
 "Error" in the model mean
 relative to the sample mean 1.61376 = 0.03%

Copy
Print
Help
Done

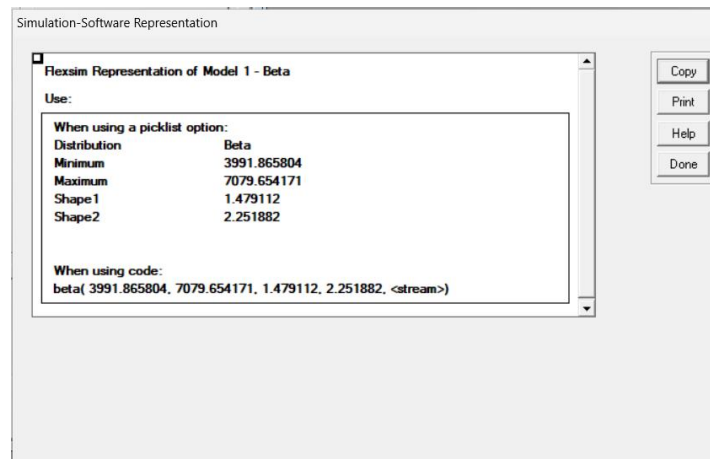
Gambar 4. 22 *Automated-Fitting Results*

- 8) Untuk memperoleh format distribusi yang dapat digunakan dalam FlexSim, memilih *menu Applications* kemudian *Simulation Representation*. Pada bagian *Simulation Software*, memilih *FlexSim* dan klik *Apply*.

Gambar 4. 23 *Applications*

Gambar 4. 24 *Simulation-Representation Options*

- 9) Bentuk distribusi yang akan digunakan sebagai input waktu proses pada model simulasi dapat dilihat pada bagian *When Using Code*. Hasil tersebut selanjutnya dapat langsung digunakan sebagai parameter *Process Time* pada objek yang sesuai di *FlexSim*.



Gambar 4. 25 Hasil Pengolahan Distribusi Data

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan *ExpertFit*, diperoleh jenis distribusi untuk masing-masing data pengamatan yang digunakan sebagai input model simulasi. Hasil lengkap penentuan distribusi data tersebut disajikan pada Tabel 4.19.

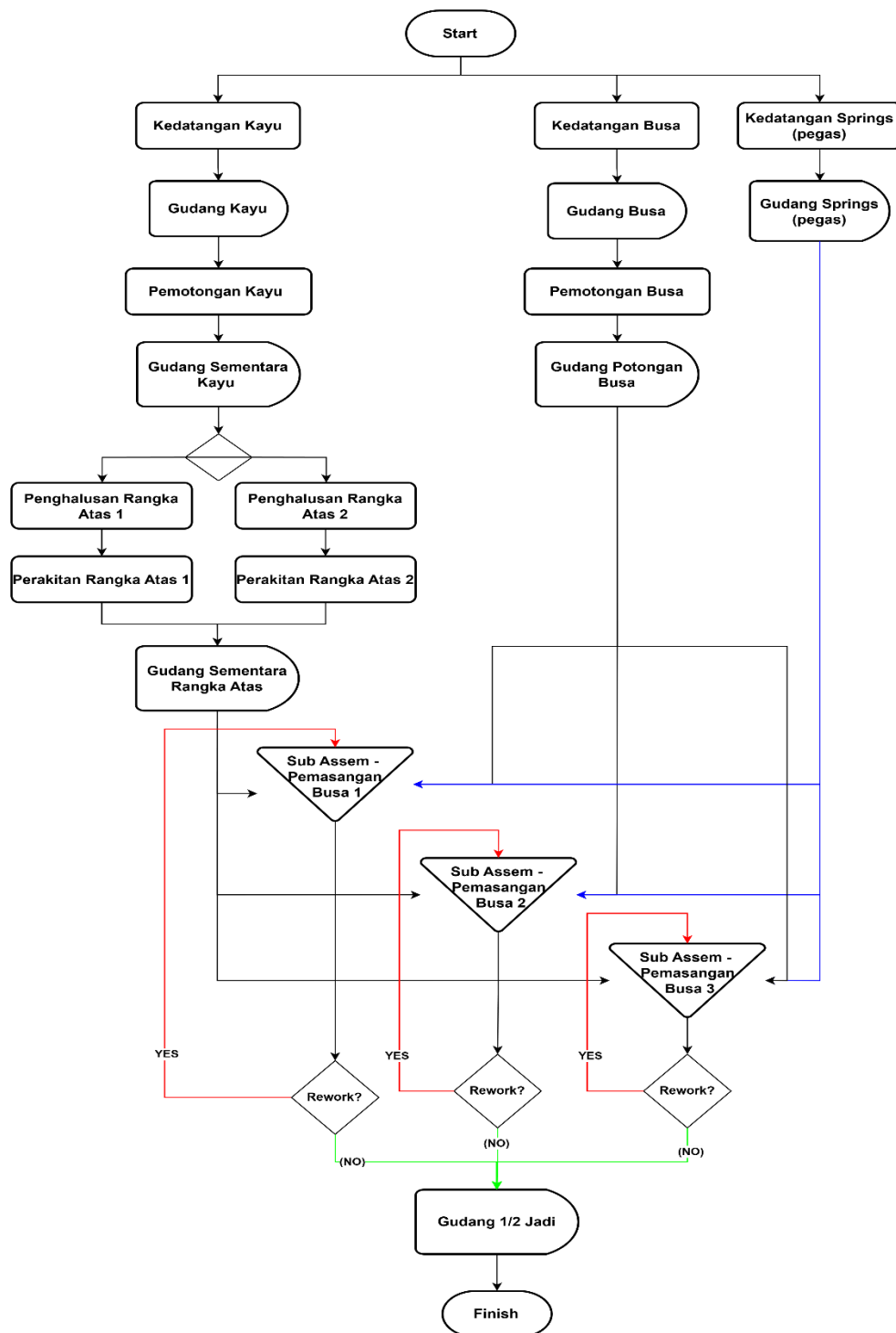
Tabel 4. 19 Data Hasil Distribusi Data

No.	Data	Distribusi Data
1	<i>Downtime</i> Mesin (MTTR)	weibull(17.320561, 130.187593, 2.000000, <0>)
2	Selang waktu (MTBF)	johnsonbounded(2577.661798, 15825.626780, 0.328266, 0.837128, <0>)
3	Waktu Proses M1 <i>WS</i> Pemasangan Busa	beta(3165.7646, 8594.68, 1.408, 1.13499, <0>)

No.	Data	Distribusi Data
4	Waktu Proses M2 <i>WS</i> Pemasangan Busa	beta(3165.764639, 8594.6859, 1.408, 1.13499, <0>)
5	Waktu Proses M3 <i>WS</i> Pemasangan Busa	beta(3165.764639, 8594.6859, 1.408, 1.13499, <0>)
6	Waktu Proses Pemotongan Busa	beta(2213.199530, 2875.067489, 0.872224, 0.796724, <0>)
7	Waktu Proses Pemotongan Kayu	beta(446.839378, 800.909190, 2.681254, 1.364808, <0>)
8	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 1	johnsonbounded(586.690381, 917.528810, -0.166031, 0.645309, <0>)
9	Waktu Proses Penghalusan Rangka Atas 2	erlang(0.000000, 11.177436, 65.000000, <0>)
10	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 1	beta(1699.897346, 2531.280524, 0.816107, 0.795879, <0>)
11	Waktu Proses Perakitan Rangka Atas 2	beta(904.988511, 2946.711995, 9.661774, 6.304058, <0>)

4.2.7 Pembuatan Model Konseptual

Model konseptual digunakan untuk menggambarkan alur proses produksi secara sederhana sebelum dibangun ke dalam model simulasi. Pada penelitian ini, model konseptual disajikan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) yang menunjukkan aliran proses produksi mulai dari kedatangan bahan baku hingga produk 1/2 jadi, dengan fokus pada *workstation* Pemasangan Busa sebagai objek penelitian. Model konseptual yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.26.

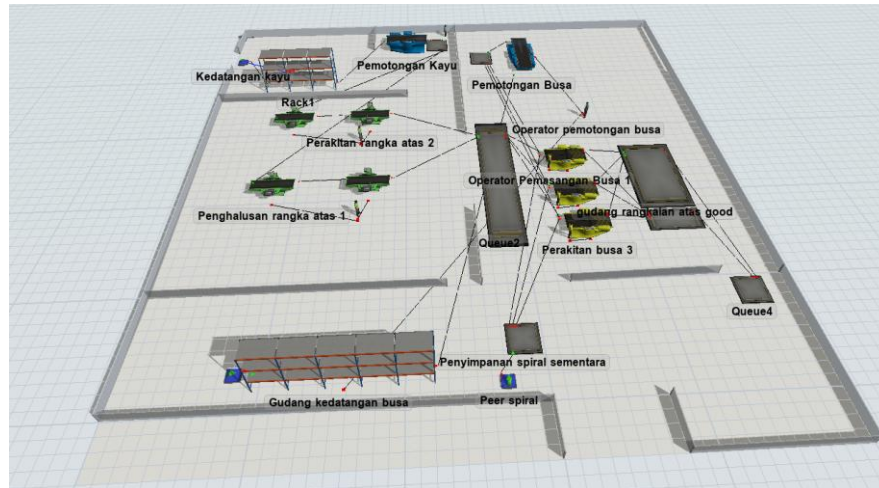


Gambar 4. 26 Flowchart Proses Produksi pada *Workstation* Pemasangan Busa

4.2.8 Pembuatan Model Simulasi FlexSim

Model simulasi awal merupakan representasi dari kondisi aktual sistem produksi yang dibangun berdasarkan data hasil pengamatan dan alur proses produksi yang berlangsung pada *workstation* Pemasangan Busa. Model simulasi dibuat menggunakan *software*

FlexSim 2021 yang menyediakan visualisasi sistem dalam bentuk tiga dimensi (3D), sehingga memudahkan dalam memahami aliran material dan proses produksi. Hasil pembangunan model simulasi awal dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 Model Simulasi Awal

4.2.9 Validasi dan Verifikasi Simulasi FlexSim

Verifikasi dan validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang dibangun telah merepresentasikan sistem aktual secara tepat. Verifikasi bertujuan untuk memastikan bahwa logika dan alur model simulasi telah sesuai dengan kondisi nyata yang diamati di lapangan. Proses verifikasi dilakukan dengan menjalankan model simulasi dan mengamati kesesuaian aliran proses, penggunaan sumber daya, serta perpindahan material dengan sistem aktual.

Setelah model dinyatakan terverifikasi, tahap selanjutnya adalah validasi model. Validasi bertujuan untuk memastikan bahwa model simulasi memiliki karakteristik dan perilaku yang mendekati sistem aktual. Pada penelitian ini, validasi dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu validasi berdasarkan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan validasi berdasarkan *Output* produksi.

A. Validasi Berdasarkan OEE *Workstation* Pemasangan Busa

Validasi berdasarkan nilai OEE dilakukan dengan membandingkan nilai *Availability*, *Performance*, *Quality*, dan OEE antara sistem aktual dan model simulasi. Karena perhitungan OEE selama periode pengamatan 30 hari hanya menghasilkan satu nilai untuk masing-masing parameter, maka validasi dilakukan menggunakan persentase *error* untuk mengukur tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan sistem aktual. Semakin kecil nilai *error* yang diperoleh, maka semakin baik kemampuan model simulasi dalam merepresentasikan kondisi nyata. Model simulasi dinyatakan valid

apabila nilai persentase *error* yang dihasilkan kurang dari 5%, sehingga model dapat digunakan untuk melakukan eksperimen dan analisis usulan perbaikan. Pendekatan validasi menggunakan persentase *error* mengacu pada metode *mean comparison* yang membandingkan *output* model simulasi dengan *output* sistem nyata untuk menilai tingkat kesesuaian model terhadap sistem aktual (Salim et al., 2016). Persentase *error* dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Error = \frac{(\text{Nilai Existing} - \text{Nilai Simulasi})}{\text{Nilai Existing}} \times 100\% \quad (4.10)$$

$$Error = \frac{(97.99\% - 95.85\%)}{97.99\%} \times 100\% = 2.23\% \quad (4.11)$$

Tabel 4. 20 Keputusan Hasil Validasi OEE

Komponen	Nilai Aktual Sistem Nyata (Existing)	Nilai Model Simulasi (Existing)	Hasil Error (%)	Keputusan
Availability	97,99%	95,85%	2,23%	VALID (<5%)
Performance	74,27%	73,01%	0,11%	VALID (<5%)
Quality	92,37%	94,53%	-2,29%	VALID (<5%)
OEE	67,22%	67,22%	2,54%	VALID (<5%)

Berdasarkan Tabel 4.20, seluruh komponen OEE memiliki nilai persentase *error* kurang dari 5%, yaitu *Availability* sebesar 2,23%, *Performance* sebesar 0,11%, *Quality* sebesar 2,29%, dan OEE sebesar 2,54%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model simulasi memiliki tingkat kesesuaian yang baik dengan sistem aktual pada *workstation* pemasangan busa.

Dengan demikian, model simulasi dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk melakukan eksperimen serta pengujian skenario usulan perbaikan pada penelitian ini.

B. Validasi Berdasarkan *Output* Produksi *Workstasion* Pemasangan Busa

Selain validasi berdasarkan nilai OEE, validasi model juga dilakukan berdasarkan *output* produksi *workstation* pemasangan busa. Validasi dilakukan untuk memastikan bahwa model simulasi yang telah dibangun mampu merepresentasikan perilaku

sistem nyata dengan tingkat akurasi yang dapat diterima. Pada penelitian ini, validasi *output* produksi dilakukan menggunakan pengujian statistik yang meliputi uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi. Apabila salah satu atau kedua pengujian tersebut tidak terpenuhi, maka dilakukan uji *Chi-Square* sebagai pengujian lanjutan.

Data yang digunakan dalam proses validasi terdiri dari data *output* historis dan data *output* simulasi. Data *output* historis diperoleh dari hasil produksi aktual *workstation* pemasangan busa selama periode pengamatan, sedangkan data *output* simulasi diperoleh dari hasil model simulasi yang dijalankan sebanyak 30 replikasi. Data yang digunakan dalam proses validasi disajikan pada Tabel 4.21.

Tabel 4. 21 Data Validasi Output Historis dan Simulasi

No	<i>Output</i> Historis	<i>Output</i> Simulasi	No	<i>Output</i> Historis	<i>Output</i> Simulasi
1	5	5	16	3	1
2	6	3	17	4	5
3	5	5	18	5	5
4	5	5	19	5	4
5	6	3	20	5	3
6	5	2	21	4	3
7	5	5	22	4	5
8	4	4	23	4	5
9	4	5	24	5	5
10	3	4	25	6	3
11	4	5	26	5	4
12	4	5	27	3	4
13	4	6	28	3	4
14	4	6	29	3	5
15	5	4	30	3	5

Sebelum dilakukan pengujian statistik, terlebih dahulu dihitung nilai rata-rata (*mean*) dan standar deviasi dari data *output* historis dan *output* simulasi. Perhitungan ini bertujuan untuk memberikan gambaran awal mengenai tingkat kesesuaian antara

sistem aktual dan model simulasi. Hasil perhitungan mean dan standar deviasi disajikan pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Perhitungan Output

Keterangan	Mean	SD (V)	N
<i>Output Simulasi</i>	4,26	1,142692927	30
<i>Output Historis</i>	4,36	0,9278575	30

1. Uji Kesamaan Dua Rata – rata

Uji kesamaan dua rata-rata dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata *output* sistem nyata dan rata-rata *output* model simulasi. Apabila kedua rata-rata tidak berbeda secara signifikan, maka model simulasi dinyatakan valid. Hasil perhitungan uji kesamaan dua rata-rata ditunjukkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Hasil *T-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*

	<i>Output Historis</i>	<i>Output Simulasi</i>
<i>Mean</i>	4,366666667	4,2
<i>Variance</i>	0,86091954	0,648275862
<i>Observations</i>	30	30
<i>Pooled Variance</i>	1,083333333	
<i>Hypothesized Mean Difference</i>	0	
<i>df</i>	58	
<i>t Stat</i>	0,372104204	
<i>P(T<=t) one-tail</i>	0,355585701	
<i>t Critical one-tail</i>	1,671552762	
<i>P(T<=t) two-tail</i>	0,711171401	
<i>t Critical two-tail</i>	2,001717484	

Berikut ini merupakan proses validasi yang dilakukan terhadap *output* produksi hasil simulasi FlexSim.

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* antara sistem nyata dengan model simulasi.

H_1 : Terdapat perbedaan rata-rata *output* antara sistem nyata dengan model simulasi.

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$T_{\text{tabel}} = 2,001717 \approx 2,002$$

Daerah penerimaan:

$$H_0 \text{ diterima : } -2,002 < \text{Thitung} < 2,002$$

$$H_1 \text{ diterima : } \text{Thitung} < -2,002 \text{ atau } \text{Thitung} > 2,002$$

c. Uji Statistik

$$Sp^2 \frac{(n1 - 1)v1^2 + (n2 - 1)v2^2}{n1 + n2 - 2} = 1,083333333 \quad (4.12)$$

$$\text{Thitung} = \frac{\text{mean1} - \text{mean2}}{\sqrt{Sp^2 \left(\frac{1}{n1} + \frac{1}{n2} \right)}} = 0,372104204 \quad (4.13)$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Rata-rata

Hasil perhitungan uji kesamaan dua rata-rata menunjukkan bahwa $-T_{\text{tabel}} < \text{Thitung} < T_{\text{tabel}}$ yaitu dengan nilai $-2,002 < 0,372104204 < 2,002$. Dengan demikian H_0 diterima yang berarti tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* yang signifikan antara sistem nyata dan model simulasi. Oleh karena itu, model simulasi dinyatakan valid berdasarkan uji kesamaan dua rata-rata.

2. Uji Kesamaan Dua variansi

Uji kesamaan dua variansi dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan variansi yang signifikan antara *output* sistem nyata dan *output* model simulasi. Apabila tidak terdapat perbedaan variansi yang signifikan, maka model simulasi dapat dinyatakan valid. Hasil perhitungan uji kesamaan dua variansi disajikan pada Tabel 4.24.

Tabel 4. 24 Hasil *F-Test Two-Sample for Variances*

	<i>Output Historis</i>	<i>Output Simulasi</i>
<i>Mean</i>	4,366666667	4,266666667
<i>Variance</i>	0,86091954	1,305747126
<i>Observations</i>	30	30
<i>df</i>	29	29
<i>F</i>	0,659330986	
<i>P(F<=f) one-tail</i>	0,133937411	
<i>F Critical one-tail</i>	0,537399965	

Berikut merupakan langkah-langkah dalam perhitungan uji kesamaan dua variansi.

a. Menentukan Hipotesis

H_0 : Tidak terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi.

H_1 : Terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi.

b. Menentukan Daerah Penerimaan

$$\alpha = 0,05$$

$$F_{\text{tabel atas}} = 0,537399965$$

$$F_{\text{tabel bawah}} = 1 / 0,537399965 = 1,8608$$

Daerah penerimaan:

$$H_0 \text{ diterima : } 0,537 < F_{\text{hitung}} < 1,8608$$

$$H_1 \text{ diterima : } F_{\text{hitung}} < 0,537 \text{ atau } F_{\text{hitung}} > 1,8608$$

c. Uji Statistik

$$F_{\text{hitung}} = \frac{V1}{V2} = \frac{0.860920}{1.305747} = 0.659331 \quad (4.14)$$

d. Hasil Uji Kesamaan Dua Variansi

asil perhitungan uji kesamaan dua variansi menunjukkan bahwa nilai F_{hitung} berada pada daerah penerimaan H_0 , yaitu sebesar $0,5374 < 0,6593 < 1,8608$. Dengan demikian, H_0 diterima, yang berarti tidak terdapat perbedaan variansi *output* yang signifikan antara sistem nyata dengan hasil simulasi. Oleh karena itu, model simulasi dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk melakukan eksperimen pada tahap selanjutnya.

Berdasarkan hasil uji kesamaan dua rata-rata dan uji kesamaan dua variansi, diperoleh keputusan H_0 diterima pada kedua pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa *output* produksi yang dihasilkan model simulasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan sistem nyata. Dengan demikian, model simulasi *workstation* pemasangan busa dinyatakan valid dan dapat digunakan untuk melakukan eksperimen serta pengujian skenario usulan perbaikan.

4.2.10 Perancangan Desain Eksperimen

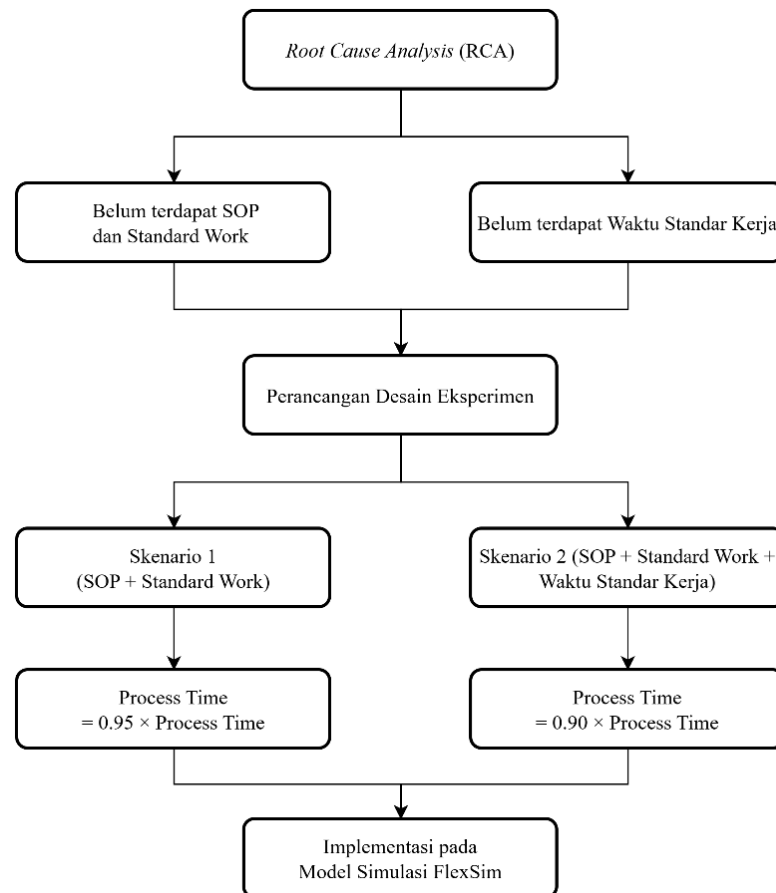
Setelah model simulasi dinyatakan valid pada Subbab 4.2.9, langkah selanjutnya adalah menyusun desain eksperimen untuk mengevaluasi pengaruh alternatif perbaikan terhadap kinerja *workstation* pemasangan busa. Perancangan desain eksperimen dilakukan

menggunakan model simulasi yang telah tervalidasi sehingga setiap skenario perbaikan dapat diuji tanpa mengganggu sistem produksi aktual. Melalui pendekatan tersebut, pengaruh setiap alternatif terhadap output produksi, *Performance Ratio*, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dapat dievaluasi secara objektif sebelum diterapkan pada kondisi nyata.

Penyusunan skenario eksperimen dilakukan berdasarkan alternatif perbaikan yang telah disusun pada Subbab 4.2.3 dengan menggunakan pendekatan *incremental improvement*, yaitu penerapan perbaikan secara bertahap terhadap metode kerja tanpa mengubah konfigurasi sistem produksi. Pendekatan ini dipilih karena hasil *Root Cause Analysis* (RCA) menunjukkan bahwa rendahnya nilai *Performance Ratio* dipengaruhi oleh belum adanya standardisasi metode kerja dan belum ditetapkannya waktu standar kerja. Selain itu, berdasarkan hasil diskusi dengan kepala produksi diperoleh informasi bahwa penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja diperkirakan mampu meningkatkan efisiensi proses kerja secara bertahap. Kepala produksi menyampaikan bahwa peningkatan produktivitas melalui penyempurnaan metode kerja umumnya tidak menyebabkan penurunan waktu proses yang terlalu besar, sehingga peningkatan efisiensi yang realistis diperkirakan berada pada kisaran maksimal sekitar 10% dari kondisi eksisting.

Untuk mengevaluasi pengaruh alternatif perbaikan terhadap kinerja sistem, penelitian ini menggunakan pendekatan *scenario analysis* pada model *Discrete Event Simulation* (DES) dengan memodifikasi parameter *process time*. Pendekatan ini umum digunakan dalam penelitian DES untuk membandingkan berbagai alternatif melalui perubahan parameter model sehingga dampak setiap skenario terhadap performa sistem dapat dianalisis sebelum diterapkan pada kondisi aktual (Bejarano et al., 2023). Sejalan dengan pendekatan tersebut, penelitian ini menetapkan reduksi *process time* sebesar 5% pada Skenario 1 dan 10% pada Skenario 2 sebagai desain eksperimen yang merepresentasikan peningkatan efisiensi proses akibat implementasi SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja. Besaran reduksi tersebut disusun berdasarkan karakteristik usulan perbaikan serta hasil diskusi dengan Kepala Produksi sehingga tetap realistis terhadap kondisi operasional perusahaan. Reduksi *process time* sebesar 5% dan 10% digunakan sebagai parameter eksperimen pada model simulasi untuk merepresentasikan peningkatan efisiensi proses secara bertahap, sehingga tidak dimaksudkan sebagai hasil pengukuran langsung terhadap kondisi operasional aktual perusahaan.

Hubungan antara hasil *Root Cause Analysis* (RCA), alternatif perbaikan, dan penyusunan skenario eksperimen ditunjukkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4. 28 Hubungan Hasil *RCA* dengan Skenario DE&PA

Berdasarkan Gambar 4.28, penelitian ini menyusun dua skenario eksperimen, yaitu Skenario 1 dan Skenario 2. Skenario 1 merupakan implementasi alternatif perbaikan berupa penerapan SOP dan *standard work* sebagai pedoman kerja operator untuk menyeragamkan metode kerja pada *workstation* pemasangan busa. Selanjutnya, Skenario 2 merupakan pengembangan dari Skenario 1 dengan menambahkan penerapan waktu standar kerja berdasarkan karakteristik produk. Penerapan kedua skenario dilakukan secara bertahap sesuai dengan pendekatan *incremental improvement* sehingga pengaruh masing-masing alternatif perbaikan terhadap peningkatan kinerja sistem produksi dapat dievaluasi secara terpisah.

Rincian skenario eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Implentasi Skenario Perbaikan

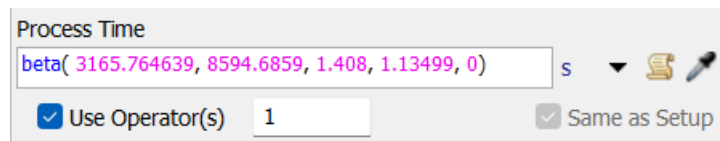
Model	Implementasi Perbaikan	Implementasi pada Model Simulasi
Model Awal	Kondisi eksisting	Menggunakan <i>process time</i> aktual hasil pengolahan data
Skenario 1	Penerapan SOP dan <i>standard work</i>	Parameter <i>process time</i> pada seluruh objek Perakitan Busa 1, Perakitan Busa 2, dan Perakitan Busa 3 yang merepresentasikan tiga mesin <i>staple gun compressor</i> diubah menjadi $0,95 \times \text{process time}$ kondisi eksisting
Skenario 2	Penerapan SOP, <i>standard work</i> , dan waktu standar kerja	Parameter <i>process time</i> pada seluruh objek Perakitan Busa 1, Perakitan Busa 2, dan Perakitan Busa 3 yang merepresentasikan tiga mesin <i>staple gun compressor</i> diubah menjadi $0,90 \times \text{process time}$ kondisi eksisting

Berdasarkan Tabel 4.25, implementasi setiap skenario dilakukan dengan mengubah parameter *process time* pada objek Perakitan Busa 1, Perakitan Busa 2, dan Perakitan Busa 3 yang merepresentasikan tiga mesin *staple gun* pada *workstation* pemasangan busa. Perubahan parameter dilakukan secara seragam pada ketiga objek tersebut karena alternatif perbaikan yang diusulkan berupa penyempurnaan metode kerja operator melalui penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi diasumsikan memengaruhi keseluruhan proses pemasangan busa sehingga perubahan parameter *process time* diterapkan secara konsisten pada seluruh objek simulasi yang menjadi ruang lingkup penelitian.

1. Model Awal

Model awal merupakan representasi kondisi aktual *workstation* pemasangan busa sebelum dilakukan implementasi alternatif perbaikan. Pada model ini seluruh parameter *process time* menggunakan data hasil pengolahan yang diperoleh dari kondisi eksisting perusahaan tanpa dilakukan perubahan terhadap metode kerja maupun waktu proses. Model awal digunakan sebagai dasar pembanding dalam mengevaluasi pengaruh penerapan setiap skenario perbaikan terhadap kinerja sistem

produksi. Implementasi parameter *process time* pada model awal ditunjukkan pada Gambar 4.29.

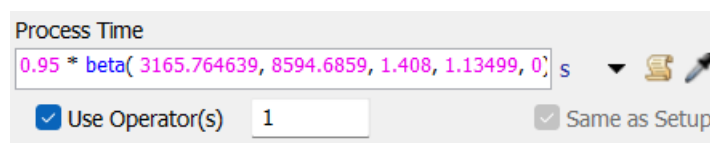


Gambar 4. 29 Parameter *Process Time* Model Awal

2. Skenario 1

Skenario 1 merupakan implementasi alternatif perbaikan berupa penyusunan SOP dan *standard work* pada *workstation* pemasangan busa. Penerapan SOP dan *standard work* bertujuan untuk menyeragamkan metode kerja operator sehingga variasi waktu proses yang disebabkan oleh perbedaan cara kerja antar operator dapat dikurangi. Selain itu, SOP mengatur urutan proses kerja, penggunaan peralatan, serta penempatan material agar aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, seperti pencarian alat maupun penyesuaian posisi material selama proses produksi, dapat diminimalkan.

Implementasi Skenario 1 pada model simulasi dilakukan dengan mengubah parameter *process time* pada objek Perakitan Busa 1, Perakitan Busa 2, dan Perakitan Busa 3 menjadi $0,95 \times \text{process time}$ kondisi eksisting. Perubahan tersebut merepresentasikan asumsi peningkatan efisiensi proses kerja sebesar 5% sebagai dampak dari penerapan SOP dan *standard work*. Implementasi perubahan parameter *process time* pada model simulasi FlexSim ditunjukkan pada Gambar 4.30.

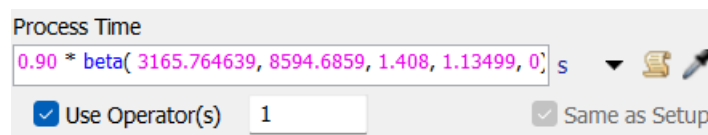


Gambar 4. 30 Parameter *Process Time* Model Skenario 1

3. Skenario 2

Skenario 2 merupakan pengembangan dari Skenario 1 dengan menambahkan penerapan waktu standar kerja berdasarkan karakteristik produk. Penetapan waktu standar bertujuan untuk memberikan acuan waktu penyelesaian setiap aktivitas sehingga proses kerja dapat berlangsung lebih konsisten dan target produksi lebih mudah dicapai. Dengan adanya waktu standar, operator diharapkan memiliki target waktu kerja yang jelas tanpa mengurangi kualitas hasil produksi.

Implementasi Skenario 2 pada model simulasi dilakukan dengan mengubah parameter *process time* pada objek Perakitan Busa 1, Perakitan Busa 2, dan Perakitan Busa 3 menjadi $0,90 \times \text{process time}$ kondisi eksisting. Perubahan tersebut merepresentasikan peningkatan efisiensi proses kerja sebesar 10% berdasarkan pendekatan *incremental improvement* serta hasil diskusi dengan kepala produksi yang menyatakan bahwa kombinasi penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja diperkirakan mampu meningkatkan produktivitas operator secara bertahap dengan tingkat efisiensi yang masih realistis untuk diterapkan pada kondisi operasional perusahaan. Implementasi perubahan parameter *process time* pada model simulasi FlexSim ditunjukkan pada Gambar 4.31.

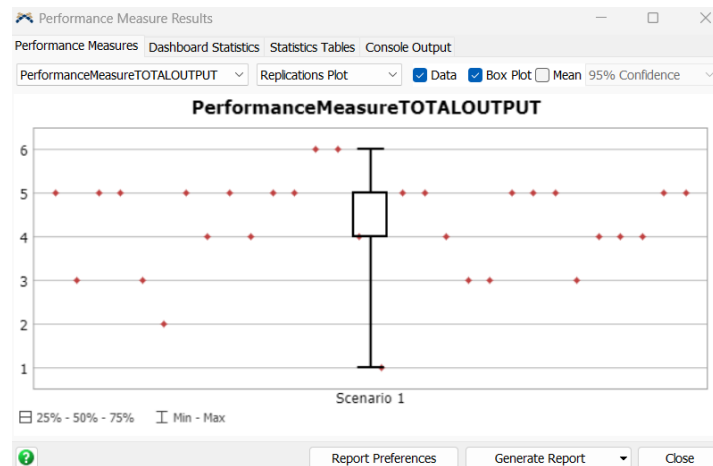
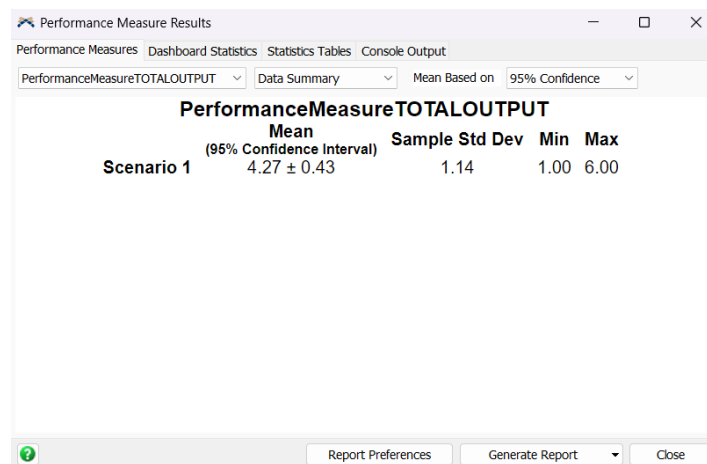


Gambar 4. 31 Parameter *Process Time* Model Skenario 2

4.2.11 Hasil Simulasi Desain Eksperimen

Setelah implementasi setiap skenario perbaikan pada model simulasi FlexSim sebagaimana dijelaskan pada Subbab 4.2.10, selanjutnya dilakukan proses simulasi menggunakan jumlah replikasi yang sama dengan model awal yaitu sebanyak 30 replikasi. Simulasi dilakukan untuk memperoleh *output* produksi dari masing-masing skenario sehingga dapat dibandingkan dengan kondisi eksisting. Hasil simulasi yang diperoleh pada model awal, Skenario 1, dan Skenario 2 disajikan pada subbab ini sebagai dasar untuk dilakukan pengujian statistik pada tahap selanjutnya.

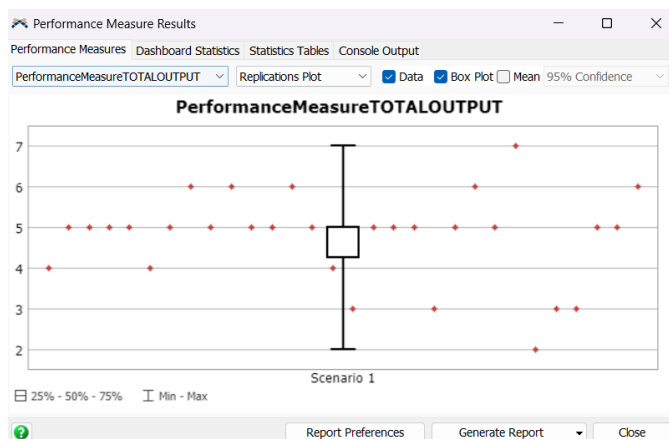
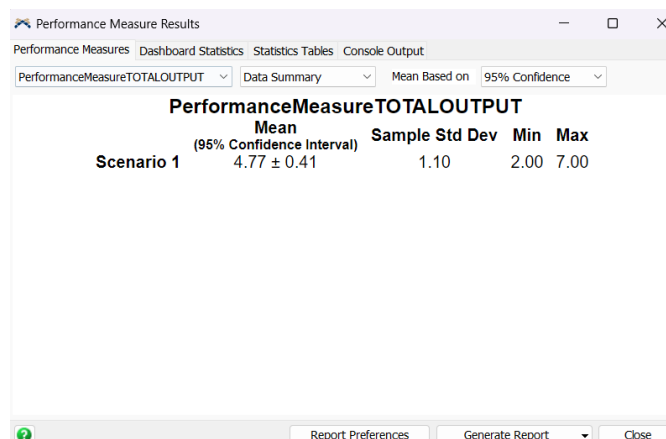
1. Model awal merupakan kondisi eksisting yang digunakan sebagai dasar pembanding dalam mengevaluasi pengaruh penerapan skenario perbaikan. Simulasi dijalankan menggunakan parameter *process time* hasil pengolahan data tanpa dilakukan perubahan terhadap model. Hasil *replication plot* model awal ditunjukkan pada Gambar 4.32, sedangkan ringkasan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.33.

Gambar 4. 32 *Replication Plot Model Awal*Gambar 4. 33 *Data Summary Output Produksi Model Awal*

Berdasarkan hasil simulasi model awal diperoleh rata-rata *output* produksi sebesar 4,57 unit dengan standar deviasi sebesar 1,04 unit. Nilai *output* minimum yang dihasilkan sebesar 2 unit, sedangkan *output* maksimum sebesar 7 unit. Selain itu, diperoleh interval kepercayaan 95% sebesar $\pm 0,39$ unit.

2. Skenario 1

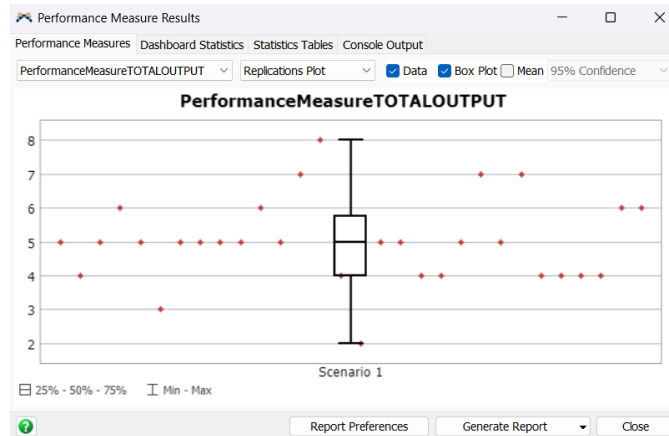
Skenario 1 merupakan implementasi alternatif perbaikan berupa penerapan SOP dan *standard work* pada *workstation* pemasangan busa. Simulasi dijalankan setelah dilakukan perubahan parameter *process time* sesuai dengan rancangan eksperimen yang telah dijelaskan pada Subbab 4.2.10. Hasil *replication plot* Skenario 1 ditunjukkan pada Gambar 4.34, sedangkan ringkasan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.35.

Gambar 4. 34 *Replication Plot* Model Skenario 1Gambar 4. 35 *Summary Output* Produksi Model Skenario 1

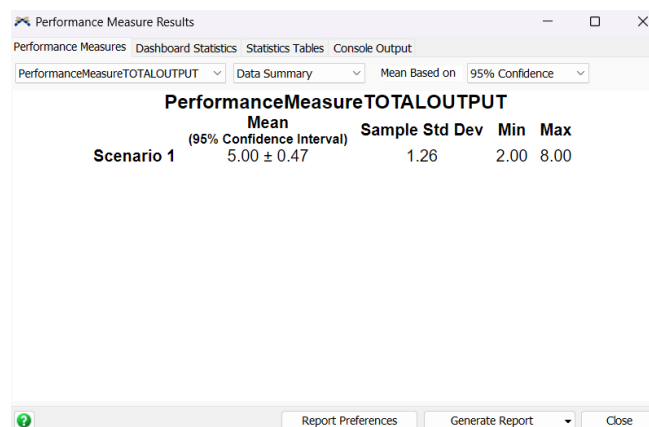
Berdasarkan hasil simulasi Skenario 1 diperoleh rata-rata *output* produksi sebesar 4,77 unit dengan standar deviasi sebesar 1,10 unit. Nilai *output* minimum yang dihasilkan sebesar 2 unit, sedangkan *output* maksimum sebesar 7 unit. Selain itu, diperoleh interval kepercayaan 95% sebesar $\pm 0,41$ unit.

3. Skenario 2

Skenario 2 merupakan pengembangan dari Skenario 1 dengan menambahkan penerapan waktu standar kerja berdasarkan karakteristik produk. Simulasi dijalankan setelah dilakukan perubahan parameter *process time* sesuai dengan rancangan eksperimen yang telah dijelaskan pada Subbab 4.2.10. Hasil *replication plot* Skenario 2 ditunjukkan pada Gambar 4.36, sedangkan ringkasan hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.37.



Gambar 4. 36 Replication Plot Model Skenario 2



Gambar 4. 37 Summary Output Produksi Model Skenario 2

Berdasarkan hasil simulasi Skenario 2 diperoleh rata-rata *output* produksi sebesar 5,00 unit dengan standar deviasi sebesar 1,26 unit. Nilai *output* minimum yang dihasilkan sebesar 2 unit, sedangkan *output* maksimum sebesar 8 unit. Selain itu, diperoleh interval kepercayaan 95% sebesar $\pm 0,47$ unit.

4. Rekapitulasi Hasil Simulasi

Ringkasan hasil simulasi dari model awal, Skenario 1, dan Skenario 2 beserta hasil perhitungan *Performance Ratio* dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) disajikan pada Tabel 4.26. Nilai *Performance Ratio* dihitung berdasarkan *output* produksi yang diperoleh dari hasil simulasi, sedangkan komponen *Availability Ratio* dan *Quality Ratio* menggunakan parameter yang sama dengan kondisi eksisting karena skenario perbaikan dalam penelitian ini hanya difokuskan pada peningkatan metode kerja operator melalui penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja.

Tabel 4. 26 Hasil Rekapitulasi Simulasi

Model	<i>Output</i> Produksi (unit)	<i>Availability</i> Ratio (%)	<i>Performance</i> Ratio (%)	<i>Quality</i> Ratio (%)	OEE (%)
Model Awal	128	95.85%	74.19%	94.53%	67.22%
Skenario 1	143	95.73%	82.99%	95.10%	75.56%
Skenario 2	150	95.88%	86.91%	95.33%	79.44%

Berdasarkan Tabel 4.26 diperoleh hasil simulasi dan perhitungan OEE untuk model awal, Skenario 1, dan Skenario 2. Data tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pengujian statistik untuk mengetahui apakah perbedaan hasil yang diperoleh dari setiap skenario eksperimen signifikan secara statistik.

4.2.12 Pengujian Statistik Simulasi pada Desain Eksperimen

Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan *output* produksi yang signifikan antara kondisi eksisting dan skenario perbaikan yang diusulkan, dilakukan pengujian statistik menggunakan metode *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA). Pengujian dilakukan terhadap data *output* produksi hasil replikasi simulasi pada kondisi eksisting, Skenario 1, dan Skenario 2.

Sebelum melakukan pengujian ANOVA, terlebih dahulu ditetapkan hipotesis sebagai berikut:

- H0 : Tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* produksi antara model eksisting, Skenario 1, dan Skenario 2.
- H1 : Terdapat perbedaan rata-rata *output* produksi antara model eksisting, Skenario 1, dan Skenario 2.

Kriteria pengambilan keputusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- H1 diterima apabila nilai F hitung $\leq$ F tabel atau nilai *p-value* $> 0,05$.
- H0 ditolak apabila nilai F hitung $>$ F tabel atau nilai *p-value* $\leq 0,05$.

Data ringkasan *output* produksi hasil replikasi simulasi dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 27 Data *output* Produksi Antar Model

<i>Output Model</i> Awal		<i>Output Model</i> Skenario 1		<i>Output Model</i> Skenario 2	
5	1	4	3	5	2
3	5	5	5	4	5
5	5	5	5	5	5
5	4	5	5	6	4

<i>Output Model</i> Awal		<i>Output Model</i> Skenario 1		<i>Output Model</i> Skenario 2	
3	3	5	3	5	4
2	3	4	5	3	5
5	5	5	6	5	7
4	5	6	5	5	5
5	5	5	7	5	7
4	3	6	2	5	4
5	4	5	3	6	4
5	4	5	3	5	4
6	4	6	5	7	4
6	5	5	5	8	6
4	5	4	6	4	6

Selanjutnya dilakukan pengujian *One-Way* ANOVA yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.28 dan 4.29.

Tabel 4. 28 *Output* Rata – Rata *One-Way* Anova

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
<i>Output Model</i> Awal	30	128	4,266667	1,305747
<i>Output Model</i> Skenario 1	30	143	4,766667	1,21954
<i>Output Model</i> Skenario 2	30	150	5	1,586207

Tabel 4. 29 *Output* Perhitungan *One-Way* Anova

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	8,422222	2	4,211111	3,072687	0,051354	3,101296
Within Groups	119,2333	87	1,370498			
Total	127,6556	89				

Berdasarkan hasil pengujian ANOVA diperoleh nilai *F*hitung sebesar 3,073, sedangkan nilai *F*tabel (*F* crit) sebesar 3,101. Selain itu, diperoleh nilai *p-value* sebesar 0,051, yang lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05. Karena nilai *F*hitung < *F*tabel ($3,073 < 3,101$) dan *p-value* > 0,05 ($0,051 > 0,05$), maka H_0 diterima. Dengan demikian, secara statistik tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* produksi yang signifikan antara model awal, Skenario 1, dan Skenario 2 pada tingkat kepercayaan 95%.

Hasil pengujian statistik tersebut selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam pembahasan untuk mengevaluasi efektivitas masing-masing skenario perbaikan terhadap peningkatan kinerja *workstation* pemasangan busa.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis Kinerja Model Eksisting

Analisis terhadap kinerja *workstation* pemasangan busa pada kondisi eksisting dilakukan sebagai dasar untuk mengevaluasi efektivitas usulan perbaikan yang diterapkan pada model simulasi. Analisis ini mengacu pada hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang telah diperoleh pada Bab IV. Penilaian kinerja dilakukan berdasarkan output produksi serta komponen penyusun OEE yang meliputi *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Ringkasan hasil pengukuran kinerja *workstation* pemasangan busa pada kondisi eksisting disajikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Pengukuran OEE Model Awal

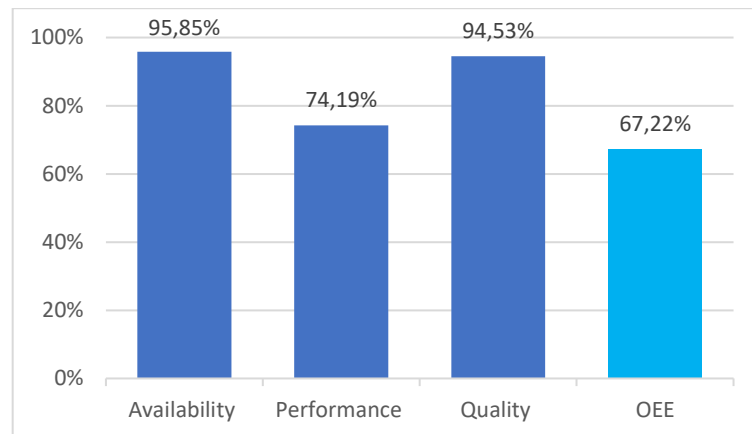
Indikator	Nilai
<i>Output Produksi</i>	4,33 unit
<i>Availability Ratio</i>	95,85%
<i>Performance Ratio</i>	74,19%
<i>Quality Ratio</i>	94,53%
OEE	67,22%

Berdasarkan Tabel 5.1, rata-rata *output* produksi *workstation* pemasangan busa sebesar 4,33 unit per hari, sedangkan target produksi yang ditetapkan perusahaan adalah 6 unit per hari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas produksi pada *workstation* pemasangan busa belum mampu memenuhi target yang diharapkan perusahaan. Rendahnya *output* produksi mengindikasikan bahwa proses produksi masih belum berjalan secara optimal sehingga efektivitas sistem perlu ditingkatkan melalui upaya perbaikan yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi.

Nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebesar 67,22% menunjukkan bahwa efektivitas *workstation* pemasangan busa masih berada di bawah standar *world class* sebesar 85% yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Hal tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat peluang untuk meningkatkan efektivitas sistem produksi. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Ariyah, 2022) dan (Purnama et al., 2024) yang menyatakan bahwa nilai OEE yang belum mencapai standar menunjukkan

masih adanya potensi perbaikan pada sistem produksi untuk meningkatkan efektivitas proses.

Untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap rendahnya nilai OEE, dilakukan analisis terhadap masing-masing komponen penyusun OEE. Perbandingan nilai *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio* pada kondisi eksisting ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Grafik OEE Model Awal

Berdasarkan Gambar 5.1, diketahui bahwa *Performance Ratio* merupakan komponen OEE dengan nilai paling rendah dibandingkan *Availability Ratio* dan *Quality Ratio*. Nilai *Availability Ratio* sebesar 95,85% menunjukkan bahwa tingkat ketersediaan *workstation* berada pada kondisi yang sangat baik sehingga waktu berhenti produksi (*downtime*) bukan merupakan faktor utama yang menyebabkan rendahnya efektivitas sistem. Sementara itu, *Quality Ratio* sebesar 92,53% menunjukkan bahwa sebagian besar produk yang dihasilkan telah memenuhi standar kualitas perusahaan sehingga kerugian akibat produk cacat relatif kecil.

Sebaliknya, nilai *Performance Ratio* yang hanya mencapai 74,19% mengindikasikan bahwa proses produksi belum berlangsung secara efisien. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa waktu proses pemasangan busa masih relatif lebih lama dibandingkan waktu yang direncanakan sehingga output produksi yang dihasilkan belum mampu memenuhi target perusahaan. Dengan kata lain, permasalahan utama pada *workstation* pemasangan busa bukan disebabkan oleh rendahnya tingkat ketersediaan peralatan maupun tingginya jumlah produk cacat, melainkan oleh rendahnya efisiensi proses produksi. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Ariyah, 2022) yang menyatakan bahwa komponen *Performance Ratio* menjadi faktor dominan yang memengaruhi rendahnya nilai OEE ketika waktu proses aktual masih lebih lama dibandingkan waktu standar yang ditetapkan.

Hasil analisis tersebut juga konsisten dengan *Root Cause Analysis* (RCA) yang telah dilakukan pada Bab IV, yaitu bahwa rendahnya *Performance Ratio* dipengaruhi oleh belum adanya standardisasi metode kerja, variasi metode kerja antaroperator, serta belum ditetapkannya waktu standar kerja pada *workstation* pemasangan busa. Oleh karena itu, usulan perbaikan dalam penelitian ini difokuskan pada penyempurnaan metode kerja melalui penerapan *Standard Operating Procedure* (SOP), *standard work*, dan waktu standar kerja. Efektivitas dari masing-masing usulan perbaikan tersebut selanjutnya dianalisis berdasarkan hasil simulasi pada setiap skenario eksperimen yang disajikan pada subbab berikutnya.

5.2 Analisis Hasil Simulasi Skenario Perbaikan

Setelah dilakukan evaluasi terhadap kinerja *workstation* pemasangan busa pada kondisi eksisting, selanjutnya dilakukan analisis terhadap hasil simulasi dari setiap skenario perbaikan yang telah dirancang dan diimplementasikan pada model simulasi sebagaimana dijelaskan pada Bab IV. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penerapan usulan perbaikan terhadap peningkatan kinerja *workstation* pemasangan busa berdasarkan perubahan output produksi, *Performance Ratio*, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Pembahasan dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi pada setiap skenario terhadap kondisi eksisting sehingga efektivitas masing-masing usulan perbaikan dapat dievaluasi secara komprehensif.

5.2.1 Analisis Peningkatan *Output* Produksi

Output produksi merupakan indikator utama yang digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan penerapan usulan perbaikan pada *workstation* pemasangan busa. Peningkatan *output* produksi menunjukkan bahwa proses produksi berlangsung lebih efisien sehingga jumlah produk yang dapat dihasilkan selama waktu produksi menjadi lebih besar. Perbandingan rata-rata *output* produksi pada kondisi eksisting dan masing-masing skenario perbaikan disajikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 *Output* Produksi Antar Skenario

Model	<i>Output</i> Produksi (unit/hari)	<i>Output</i> Maksimum (unit/hari)
Eksisting	4,33	6
Skenario 1	4,77	7
Skenario 2	5,00	8

Berdasarkan hasil simulasi pada Bab IV, seluruh skenario perbaikan mampu meningkatkan *output* produksi dibandingkan dengan kondisi eksisting. Rata-rata *output* produksi pada kondisi eksisting sebesar 4,33 unit per hari meningkat menjadi 4,77 unit per hari pada Skenario 1 atau mengalami peningkatan sebesar 10,16%. Selain itu, *output* maksimum yang dapat dicapai juga meningkat dari 6 unit menjadi 7 unit per hari. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penerapan SOP dan *standard work* mampu mengurangi variasi metode kerja antar operator sehingga waktu penyelesaian proses menjadi lebih konsisten dan kapasitas produksi meningkat.

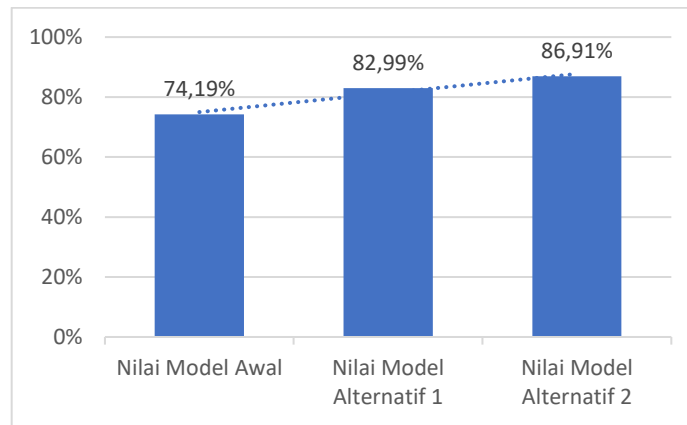
Peningkatan *output* produksi yang lebih tinggi diperoleh pada Skenario 2 dengan rata-rata sebesar 5,00 unit per hari atau meningkat sebesar 15,47% dibandingkan kondisi eksisting. Selain menghasilkan rata-rata *output* yang lebih tinggi, Skenario 2 juga mampu mencapai *output* maksimum sebesar 8 unit per hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan waktu standar kerja mampu melengkapi penerapan SOP dan *standard work* dalam meningkatkan efisiensi proses produksi. Dengan adanya acuan waktu penyelesaian setiap aktivitas, operator memiliki target kerja yang lebih jelas sehingga variasi waktu proses dapat dikurangi dan produktivitas meningkat. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Dio et al., 2023) dan (Wulandari et al., 2023) yang menyatakan bahwa perbaikan sistem produksi melalui pendekatan simulasi mampu meningkatkan kapasitas produksi dengan memperbaiki efisiensi proses.

Meskipun rata-rata *output* produksi pada kedua skenario masih berada di bawah target perusahaan sebesar 6 unit per hari, hasil simulasi menunjukkan bahwa target tersebut telah dapat dicapai pada beberapa replikasi simulasi. Hal ini terlihat dari *output* maksimum yang dihasilkan, yaitu 6 unit pada kondisi eksisting, 7 unit pada Skenario 1, dan 8 unit pada Skenario 2. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa usulan perbaikan mampu meningkatkan peluang tercapainya target produksi melalui peningkatan efisiensi proses kerja. Selain itu, peningkatan *output* diperoleh tanpa penambahan mesin maupun tenaga kerja, sehingga usulan perbaikan yang diberikan lebih realistis untuk diterapkan karena berfokus pada penyempurnaan metode kerja operator.

5.2.2 Analisis Peningkatan *Performance Ratio*

Performance Ratio merupakan komponen *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang menunjukkan kemampuan sistem produksi dalam menghasilkan *output* sesuai dengan kecepatan produksi yang direncanakan. Berdasarkan hasil analisis pada kondisi eksisting, *Performance Ratio* merupakan komponen OEE dengan nilai terendah dibandingkan

Availability Ratio dan *Quality Ratio*. Oleh karena itu, peningkatan *Performance Ratio* menjadi fokus utama dalam penyusunan usulan perbaikan pada penelitian ini. Perbandingan nilai *Performance Ratio* pada kondisi eksisting dan masing-masing skenario perbaikan disajikan pada Gambar 5.2.



Gambar 5. 2 Grafik Nilai *Performance Ratio* Antar Model

Berdasarkan hasil simulasi pada Bab IV, seluruh skenario perbaikan menunjukkan peningkatan nilai *Performance Ratio* dibandingkan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting diperoleh nilai *Performance Ratio* sebesar 74,19%, kemudian meningkat menjadi 82,99% pada Skenario 1 dan mencapai 86,91% pada Skenario 2. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan mampu meningkatkan efisiensi proses produksi sehingga *output* yang dihasilkan semakin mendekati target yang ditetapkan perusahaan.

Peningkatan *Performance Ratio* pada Skenario 1 menunjukkan bahwa penerapan SOP dan *standard work* mampu mengurangi variasi metode kerja antaroperator. Sebelum dilakukan perbaikan, setiap operator menggunakan metode kerja yang berbeda sehingga waktu penyelesaian proses menjadi kurang konsisten. Setelah diterapkannya SOP dan *standard work*, operator memiliki acuan kerja yang seragam sehingga proses pemasangan busa dapat dilakukan secara lebih terstruktur. Kondisi tersebut menyebabkan waktu proses menjadi lebih efisien dan berdampak pada meningkatnya kemampuan *workstation* dalam menghasilkan output selama waktu produksi yang tersedia.

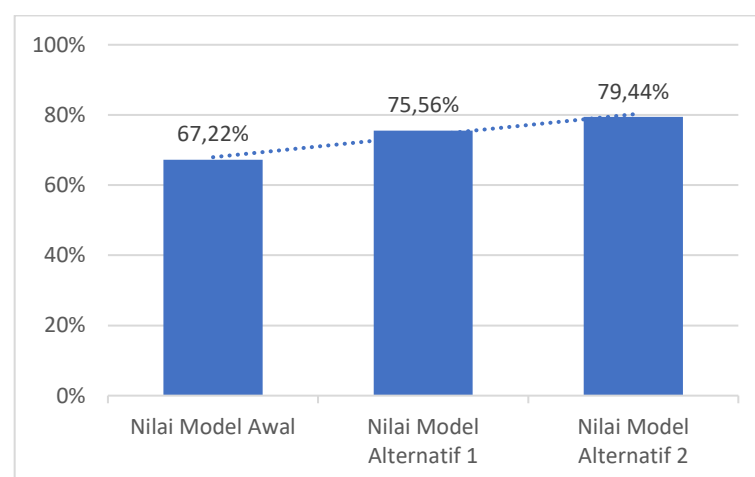
Sementara itu, peningkatan *Performance Ratio* yang lebih tinggi pada Skenario 2 menunjukkan bahwa penambahan waktu standar kerja memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap peningkatan efisiensi proses produksi. Dengan adanya waktu standar, operator memiliki target waktu penyelesaian yang jelas untuk setiap aktivitas sehingga pelaksanaan pekerjaan menjadi lebih konsisten dan terkendali. Hal tersebut mampu

mengurangi variasi waktu proses antaroperator maupun antarproduk sehingga *Performance Ratio* meningkat lebih tinggi dibandingkan Skenario 1. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Ariyah, 2022) yang menyatakan bahwa peningkatan komponen *Performance Ratio* memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan nilai OEE ketika efisiensi waktu proses berhasil ditingkatkan melalui perbaikan metode kerja.

Peningkatan *Performance Ratio* pada kedua skenario menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang disusun berdasarkan hasil *Root Cause Analysis* (RCA) telah mampu mengatasi akar permasalahan yang diidentifikasi pada kondisi eksisting, yaitu belum adanya standardisasi metode kerja dan waktu standar kerja pada *workstation* pemasangan busa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi proses produksi dapat dicapai melalui penyempurnaan metode kerja tanpa memerlukan penambahan mesin maupun tenaga kerja. Dengan demikian, penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja menjadi alternatif perbaikan yang realistis untuk meningkatkan kinerja *workstation* pemasangan busa.

5.2.3 Analisis Peningkatan Nilai OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE) merupakan indikator yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas suatu sistem produksi secara menyeluruh berdasarkan tiga komponen utama, yaitu *Availability Ratio*, *Performance Ratio*, dan *Quality Ratio*. Dalam penelitian ini, nilai OEE digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan penerapan usulan perbaikan pada *workstation* pemasangan busa. Perbandingan nilai OEE pada kondisi eksisting dan masing-masing skenario perbaikan ditunjukkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Grafik Perbandingan Nilai OEE pada Setiap Skenario

Berdasarkan hasil simulasi pada Bab IV, seluruh skenario perbaikan menunjukkan peningkatan nilai OEE dibandingkan dengan kondisi eksisting. Pada kondisi eksisting

diperoleh nilai OEE sebesar 67,22%, kemudian meningkat menjadi 75,56% pada Skenario 1 dan mencapai 79,44% pada Skenario 2. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diterapkan mampu meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa melalui peningkatan efisiensi proses produksi.

Peningkatan nilai OEE pada kedua skenario terutama dipengaruhi oleh meningkatnya nilai *Performance Ratio*, sedangkan *Availability Ratio* dan *Quality Ratio* relatif tidak mengalami perubahan yang berarti. Kondisi ini menunjukkan bahwa rendahnya nilai OEE pada kondisi eksisting bukan disebabkan oleh rendahnya tingkat ketersediaan *workstation* maupun tingginya jumlah produk cacat, tetapi lebih dipengaruhi oleh belum optimalnya efisiensi proses produksi. Dengan demikian, peningkatan *Performance Ratio* melalui penerapan usulan perbaikan memberikan kontribusi terbesar terhadap peningkatan nilai OEE secara keseluruhan.

Pada Skenario 1, penerapan SOP dan *standard work* mampu meningkatkan efektivitas *workstation* melalui standarisasi metode kerja operator. Standarisasi tersebut mengurangi variasi proses kerja sehingga waktu penyelesaian pekerjaan menjadi lebih konsisten. Sementara itu, pada Skenario 2 peningkatan nilai OEE menjadi lebih tinggi karena selain menerapkan SOP dan *standard work*, juga ditambahkan waktu standar kerja sebagai acuan penyelesaian setiap aktivitas produksi. Kombinasi kedua usulan perbaikan tersebut mampu meningkatkan konsistensi proses kerja sehingga efisiensi produksi menjadi lebih baik dibandingkan Skenario 1.

Apabila dibandingkan dengan kondisi eksisting, Skenario 1 mampu meningkatkan nilai OEE sebesar 12%, sedangkan Skenario 2 meningkatkan nilai OEE sebesar 18%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan usulan perbaikan secara bertahap (*incremental improvement*) memberikan dampak positif terhadap efektivitas *workstation* pemasangan busa. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Purnomo et al., 2023) yang menyatakan bahwa peningkatan efektivitas berdasarkan hasil evaluasi OEE dapat digunakan sebagai dasar dalam penyusunan strategi perbaikan sistem produksi. Namun demikian, penelitian ini memiliki pendekatan yang berbeda karena efektivitas setiap alternatif perbaikan dievaluasi terlebih dahulu menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES), sehingga dampak penerapan setiap skenario dapat diprediksi sebelum diimplementasikan pada sistem produksi nyata.

Meskipun nilai OEE pada kedua skenario belum mencapai standar *world class* sebesar 85%, peningkatan yang diperoleh menunjukkan bahwa usulan perbaikan berhasil

meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa secara bertahap. Hal tersebut mengindikasikan bahwa penyempurnaan metode kerja melalui penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja merupakan alternatif perbaikan yang realistis untuk diterapkan karena mampu meningkatkan efektivitas sistem tanpa memerlukan penambahan mesin maupun tenaga kerja. Dengan demikian, usulan perbaikan yang dirancang dalam penelitian ini dapat menjadi dasar bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja *workstation* pemasangan busa secara berkelanjutan.

5.2.4 Analisis Statistik Hasil Simulasi

Hasil pengujian statistik yang telah dilakukan pada Bab IV menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata *output* produksi yang signifikan antara model awal, Skenario 1, dan Skenario 2 pada tingkat kepercayaan 95%. Keputusan tersebut diperoleh karena nilai *Fhitung* lebih kecil daripada *Ftabel* ($3,073 < 3,101$) serta nilai *p-value* sebesar 0,051 lebih besar daripada taraf signifikansi 0,05. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan *output* produksi yang diperoleh pada masing-masing skenario belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan secara statistik.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi *output* produksi antar replikasi simulasi masih relatif tinggi sehingga selisih rata-rata *output* produksi pada masing-masing model belum mampu menghasilkan perbedaan yang signifikan berdasarkan pengujian ANOVA. Dengan kata lain, meskipun rata-rata *output* produksi mengalami peningkatan setelah penerapan usulan perbaikan, besarnya peningkatan tersebut masih berada dalam rentang variasi data hasil simulasi.

Meskipun tidak terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik, hasil simulasi tetap menunjukkan adanya peningkatan kinerja operasional pada *workstation* pemasangan busa. Rata-rata *output* produksi meningkat dari 4,33 unit per hari pada kondisi eksisting menjadi 4,77 unit per hari pada Skenario 1 dan 5,00 unit per hari pada Skenario 2. Peningkatan tersebut diikuti oleh meningkatnya nilai *Performance Ratio* dan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), sehingga menunjukkan bahwa usulan perbaikan mampu meningkatkan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, meskipun peningkatan tersebut belum dapat dinyatakan berbeda secara statistik, hasil simulasi tetap memberikan indikasi bahwa usulan perbaikan berpotensi meningkatkan efektivitas *workstation* pemasangan busa dan layak dipertimbangkan sebagai alternatif perbaikan pada kondisi operasional perusahaan.

Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik sistem produksi pada *workstation* pemasangan busa yang masih memiliki variasi waktu proses antar replikasi simulasi. Variasi tersebut menyebabkan peningkatan rata-rata *output* produksi yang diperoleh dari penerapan usulan perbaikan belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji ANOVA. Dengan demikian, hasil pengujian statistik tidak menunjukkan bahwa usulan perbaikan tidak efektif, tetapi menunjukkan bahwa besarnya peningkatan yang diperoleh masih berada dalam rentang variasi sistem yang disimulasikan.

Temuan penelitian ini berbeda dengan penelitian (Vidal et al., 2026) yang memperoleh perbedaan yang signifikan secara statistik setelah penerapan skenario perbaikan. Perbedaan tersebut diduga dipengaruhi oleh karakteristik sistem produksi, ruang lingkup penelitian, serta jenis usulan perbaikan yang diterapkan pada masing-masing penelitian. Pada penelitian ini, usulan perbaikan difokuskan pada penyempurnaan metode kerja melalui penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja tanpa melakukan perubahan terhadap jumlah mesin, jumlah operator, maupun tata letak fasilitas produksi. Oleh karena itu, peningkatan yang diperoleh bersifat bertahap (*incremental improvement*) dan lebih mencerminkan kondisi yang realistis untuk diterapkan pada perusahaan.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun pengujian statistik menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antar skenario, seluruh usulan perbaikan tetap memberikan kecenderungan peningkatan terhadap indikator kinerja utama, yaitu output produksi, *Performance Ratio*, dan nilai OEE. Oleh karena itu, hasil simulasi tetap dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan alternatif perbaikan yang paling sesuai dengan kondisi operasional perusahaan. Selain mempertimbangkan hasil pengujian statistik, pemilihan alternatif perbaikan juga didasarkan pada peningkatan indikator kinerja operasional yang diperoleh dari setiap skenario. Pembahasan mengenai pemilihan alternatif perbaikan terbaik disajikan pada Subbab 5.3.

5.3 Pemilihan Alternatif Perbaikan Terbaik

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya, kedua skenario perbaikan memberikan dampak positif terhadap peningkatan kinerja *workstation* pemasangan busa. Penerapan SOP, *standard work*, serta waktu standar kerja mampu meningkatkan output produksi, *Performance Ratio*, dan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dibandingkan dengan kondisi eksisting. Oleh

karena itu, diperlukan evaluasi terhadap masing-masing skenario untuk menentukan alternatif perbaikan yang paling sesuai untuk diimplementasikan pada perusahaan.

Perbandingan hasil kinerja dari setiap model disajikan pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Ringkasan Hasil Simulasi Antar Model

Indikator	Model Awal	Skenario 1	Skenario 2
<i>Output</i> Produksi (unit/hari)	4,33	4,77	5,00
<i>Availability Ratio</i> (%)	95,8	95,73	95,88
<i>Performance Ratio</i> (%)	74,19	82,99	86,91
<i>Quality Ratio</i> (%)	92,37	95,10	95,33
OEE (%)	67,22	75,56	79,44

Berdasarkan Tabel 5.7, Skenario 2 menghasilkan kinerja terbaik dibandingkan model awal maupun Skenario 1. Rata-rata *output* produksi meningkat menjadi 5,00 unit per hari, lebih tinggi dibandingkan kondisi eksisting sebesar 4,33 unit per hari dan Skenario 1 sebesar 4,77 unit per hari. Selain itu, Skenario 2 juga menghasilkan nilai *Performance Ratio* tertinggi sebesar 86,91% serta nilai OEE sebesar 79,44%, yang menunjukkan peningkatan efektivitas *workstation* pemasangan busa dibandingkan kedua model lainnya.

Peningkatan kinerja pada Skenario 2 menunjukkan bahwa kombinasi penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan penerapan SOP dan *standard work* saja. SOP dan *standard work* berperan dalam menyeragamkan metode kerja operator sehingga proses produksi dapat berlangsung lebih konsisten, sedangkan waktu standar kerja memberikan acuan mengenai target waktu penyelesaian setiap aktivitas produksi. Kombinasi ketiga usulan perbaikan tersebut mampu meningkatkan efisiensi proses produksi sehingga memberikan kontribusi terhadap peningkatan *Performance Ratio* yang pada akhirnya berdampak pada meningkatnya nilai OEE secara keseluruhan.

Selain peningkatan kinerja operasional, implementasi setiap skenario juga memberikan dampak terhadap potensi pendapatan perusahaan akibat meningkatnya *output* produksi. Meskipun penelitian ini tidak melakukan analisis kelayakan investasi secara mendalam, estimasi pendapatan dihitung sebagai gambaran manfaat implementasi usulan perbaikan berdasarkan hasil *output* simulasi dan harga jual produk. Perbandingan estimasi pendapatan pada setiap model disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 Estimasi Pendapatan Berdasarkan *Output* Hasil Simulasi

Model	<i>Output</i> Produksi (30 Hari)	Harga Jual/Unit	Estimasi Pendapatan
Model Awal	128	Rp7.521.000	Rp962.688.000
Skenario 1	143	Rp7.521.000	Rp1.075.503.000
Skenario 2	150	Rp7.521.000	Rp1.128.150.000

Berdasarkan Tabel 5.4, implementasi Skenario 2 menghasilkan estimasi pendapatan tertinggi sebesar Rp1.128.150.000 selama periode simulasi 30 hari, meningkat sebesar Rp165.462.000 dibandingkan kondisi eksisting yang menghasilkan estimasi pendapatan sebesar Rp962.688.000. Peningkatan tersebut diperoleh dari bertambahnya output produksi dari 128 unit menjadi 150 unit tanpa memerlukan investasi tambahan berupa mesin, penambahan tenaga kerja, maupun perubahan tata letak fasilitas produksi. Oleh karena itu, meskipun hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa perbedaan antar skenario belum signifikan secara statistik, usulan perbaikan tetap memberikan manfaat operasional yang nyata melalui peningkatan kapasitas produksi dan potensi pendapatan perusahaan.

Perlu diketahui bahwa estimasi pendapatan tersebut hanya digunakan sebagai gambaran manfaat operasional dari implementasi usulan perbaikan berdasarkan peningkatan *output* hasil simulasi dan harga jual produk. Penelitian ini tidak melakukan analisis kelayakan investasi maupun profitabilitas secara rinci, seperti perhitungan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), maupun indikator finansial lainnya, sehingga hasil tersebut tidak dimaksudkan sebagai dasar pengambilan keputusan investasi.

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, Skenario 2 dipilih sebagai alternatif perbaikan terbaik karena memberikan peningkatan tertinggi terhadap output produksi, *Performance Ratio*, dan nilai OEE dibandingkan skenario lainnya. Selain menghasilkan kinerja yang lebih baik, alternatif ini juga memiliki tingkat implementasi yang relatif mudah karena hanya memerlukan penyusunan SOP, penerapan *standard work*, dan penetapan waktu standar kerja tanpa memerlukan investasi tambahan berupa mesin maupun penambahan tenaga kerja. Oleh karena itu, Skenario 2 direkomendasikan sebagai alternatif perbaikan yang dapat dipertimbangkan oleh perusahaan dalam meningkatkan

efektivitas *workstation* pemasangan busa secara bertahap sesuai dengan kondisi operasional perusahaan.

Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menyusun dan mengevaluasi usulan perbaikan menggunakan pendekatan *Discrete Event Simulation* (DES) telah tercapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan SOP, *standard work*, dan waktu standar kerja mampu meningkatkan kinerja *workstation* pemasangan busa serta memberikan alternatif perbaikan yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan oleh perusahaan sebelum diimplementasikan pada sistem produksi nyata.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), analisis *Root Cause Analysis* (RCA), serta pengujian usulan perbaikan menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES) pada *workstation* pemasangan busa di XYZ Furniture, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran efektivitas *workstation* pemasangan busa menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada kondisi eksisting menunjukkan nilai *Availability Ratio* sebesar 97,99%, *Performance Ratio* sebesar 74,27%, dan *Quality Ratio* sebesar 92,37%, sehingga diperoleh nilai OEE sebesar 67,22%. Nilai tersebut masih berada di bawah standar OEE kelas dunia sebesar 85% yang ditetapkan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas *workstation* pemasangan busa pada kondisi eksisting masih belum optimal sehingga diperlukan upaya perbaikan untuk meningkatkan kinerja proses produksi.
2. Berdasarkan analisis komponen OEE, diketahui bahwa *Performance Ratio* merupakan komponen dengan nilai terendah, yaitu sebesar 74,19%, sehingga menjadi faktor dominan yang memengaruhi rendahnya efektivitas *workstation* pemasangan busa. Hasil *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan metode 5 *Whys* menunjukkan bahwa permasalahan tersebut disebabkan oleh belum adanya standarisasi metode kerja dan belum ditetapkannya waktu standar kerja. Kondisi tersebut menyebabkan variasi metode kerja dan waktu proses antar operator sehingga target *output* harian belum dapat dicapai secara konsisten.
3. Pengujian usulan perbaikan menggunakan *Discrete Event Simulation* (DES) menunjukkan bahwa seluruh skenario mampu meningkatkan kinerja *workstation* dibandingkan kondisi eksisting. Skenario 1 menghasilkan rata-rata *output* produksi sebesar 4,77 unit per hari, *Performance Ratio* sebesar 82,99%, dan nilai OEE sebesar 75,56%. Sementara itu, Skenario 2 menghasilkan kinerja terbaik dengan rata-rata *output* produksi sebesar 5,00 unit per hari, *Performance Ratio* sebesar 86,91%, dan nilai OEE sebesar 79,44%. Meskipun hasil pengujian statistik menggunakan *One-Way ANOVA* menunjukkan bahwa peningkatan

output produksi belum berbeda signifikan secara statistik, seluruh indikator kinerja menunjukkan kecenderungan peningkatan dibandingkan kondisi eksisting. Oleh karena itu, Skenario 2 dipilih sebagai alternatif perbaikan terbaik karena memberikan peningkatan kinerja yang paling tinggi serta realistis untuk diterapkan pada *workstation* pemasangan busa.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. XYZ Furniture disarankan menerapkan standardisasi metode kerja dan waktu standar kerja pada *workstation* pemasangan busa sesuai dengan usulan perbaikan yang dihasilkan dalam penelitian ini karena berpotensi meningkatkan *output* produksi, *Performance Ratio*, dan nilai OEE.
2. Perusahaan disarankan melakukan evaluasi kinerja secara berkala menggunakan indikator *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) untuk memantau efektivitas *workstation* serta memastikan bahwa perbaikan yang diterapkan dapat berjalan secara berkelanjutan.
3. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan analisis aspek ekonomi atau biaya implementasi terhadap usulan perbaikan yang dihasilkan sehingga kelayakan penerapan usulan dapat dievaluasi tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi finansial.
4. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model simulasi dengan mempertimbangkan faktor lain, seperti perubahan jumlah operator, keseimbangan beban kerja, perbaikan tata letak, maupun analisis sensitivitas terhadap parameter proses sehingga diperoleh alternatif perbaikan yang lebih komprehensif.
5. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan implementasi usulan perbaikan pada sistem produksi nyata sehingga hasil simulasi dapat dibandingkan secara langsung dengan kondisi aktual perusahaan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil simulasi dan implementasi di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, A. I., Kardiman, & Suhendra, B. (2023). Proses Produksi Arm Rear Brake Tipe Kyea Untuk Sepeda Motor Honda Verza PT. XYZ. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(2), 146–159. <https://doi.org/10.23887/jptm.v11i2.67471>
- Aliyu, R., & Mokhtar, A. A. (2021). Research Advances in the Application of FlexSim: A Perspective on Machine Reliability, Availability, and Maintainability Optimization. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 48(9).
- AlKathiri, N. (2022). Labour Productivity Growth and Convergence in Manufacturing: A Nonparametric Production Frontier Approach. *Applied Economics*, 54(4), 406–429. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1963410>
- Al-Rifai, M. (2025). Unlocking insights: evaluating 5Whys methodology for root cause analysis and employee problem-solving skills in 91 case studies. *International Journal of Lean Six Sigma*, 16(5), 1276–1304. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2024-0077>
- Ariyah, H. (2022). Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) Dalam Peningkatan Efisiensi Mesin Batching Plant (Studi Kasus: PT. Lutvindo Wijaya Perkasa). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 1, 70–77.
- Aryaduta, R., & Parkhan, A. (2026). Overall Labor Effectiveness (OLE) Analysis for Productivity Improvement in the Assembly Process of the Musical Instrument Manufacturing Industry. *Jurnal Disprotek*, 17(1), 55–64. <https://doi.org/10.34001/jdpt.v17i1.9433>
- Azhra, F. H., & Awandani, H. (2020). *Pemodelan dan Simulasi Industri Untuk Meminimalkan Waktu Produksi di UMKM Maketees*.
- Basak, S., Baumers, M., Holweg, M., Hague, R., & Tuck, C. (2022). Reducing production losses in additive manufacturing using overall equipment effectiveness. *Additive Manufacturing*, 56. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102904>
- Bejarano, J., Barón, D., González-Rojas, O., & Camargo, M. (2023). Discovering Optimal Resource Allocations for What-if Scenarios Using Data-Driven Simulation. *Frontiers in Computer Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2023.1279800>
- Björn, A., & Tom, F. (2006). *Root Cause Analysis: Simplified Tools and Techniques* (2nd Edition). ASQ Quality Press.
- Cerna, G. E. P., Hernandez, J. R. C., Herazo, J. C. M., & Castillo, A. P. (2023). Evaluation of the overall effectiveness (OEE) of autonomous transportation system (AHS) equipment and its impact on mine design. Open pit mine case study. *Procedia Computer Science*, 224, 468–473. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.09.066>
- Chen, L.-H., Hu, D.-W., & Xu, T. (2013). Highway Freight Terminal Facilities Allocation based on Flexsim. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 96, 368–381. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.044>
- Corrales, L. del C. N., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Number 18). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/APP10186469>
- Dewi, M. K., Chaerunisaa, A. Y., & Sriwido, S. (2021). Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi. *Majalah Farmasetika*, 6(2), 187. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i2.33182>

- Dio, R., Dermawan, A., & Putera, D. (2023). Optimalisasi Jumlah Permintaan dan Produksi CV. XYZ Menggunakan Software Simulasi Flexsim. *Journal of Industrial and Manufacture Engineering*, 7(1), 59–68. <https://doi.org/10.31289/jime.v7i1.9398>
- Fajri, Z. K. (2025). Perancangan Sistem Kerja Pada Area Produksi Strainer 4W di PT Assyifa Teknik Mandiri. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(2), 70–76. <https://doi.org/10.61193/jpme.v4i2.74>
- Gauri, O., Rahmawati, R., & Sujana, I. (2025). Perencanaan Produksi dan Pengendalian Bahan Baku di IKM XYZ. *INTEGRATE: Industrial Engineering and Management System*, 9(2), 294–302. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/issue/view/2642>
- Gunawan, K., Akbar, M. A., Hijuzaman, O., Teknologi, S. T., & Purwakarta, W. (2024). Analisis Total Productive Maintenance (TPM) Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Pada Mesin Drayer Di PT. IJK. *Jurnal Teknik-Logika-Matematika*, 2024(2), 539–547. <https://doi.org/10.51132/teknologika.v14/2>
- Gutierrez, A., & Müller, S. (2019). Quality Analysis in Acyclic Production Networks. *Stochastics and Quality Control*, 34(2), 59–66. <https://doi.org/10.1515/eqc-2019-0014>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, 21(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Handayani, P. (2026). Analisis Perhitungan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) di PT ABC. *Jurnal Ilmiah Research Student (JIRS)*, 3(1), 360–368. <https://doi.org/10.61722/jirs.v3i1.8648>
- Hidayat, L., Molina, P., & Gunawan, F. E. (2024). Application of Discrete-Event Simulation to Increase Machine Availability-A Case Study in Cigarette Filter Manufacturing. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/jptam.v8i1.12933>
- Indah, C., Susanti, E., Aji, B., Tarigan, E., & Arista, A. (2023). *Pembinaan Penggunaan Aplikasi Permodelan dan Simulasi Pada UMKM Handcarft Untuk Meningkatkan Produktifitas*. 15.
- Karima, H., Saputra, M., & Romadlon, F. (2022). Analisis Kapasitas Produksi dan Pemenuhan Permintaan dengan Model Sistem Dinamis pada Industri Semen. *Jurnal Pendidikan Dan Software Industri*, 9(1), 11–18. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/UNISTEK>
- Karnon, J., Stahl, J., Brennan, A., Caro, J. J., Mar, J., & Möller, J. (2012). Modeling using discrete event simulation: A report of the ISPOR-SMDM modeling good research practices task force-4. *Value in Health*, 15(6), 821–827. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2012.04.013>
- Kirana, A. T., & Widiasih, W. (2024). Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) untuk Meningkatkan Efisiensi Mesin Haloong (Studi Kasus: PT Benteng Api Technic, Gresik). 7(1), 59–68.
- Kristiana, S. P. D., Triyanti, V., & Budiayanta, N. E. (2025). Perancangan Model Simulasi Sistem Produksi Menggunakan Software Flexsim. *Jurnal Industri Galuh*, (02).
- Kumah, A., Nwogu, C. N., Issah, A.-R., Obot, E., Kanamitie, D. T., Sifa, J. S., & Aidoo, L. A. (2024). Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 7(2), 85–87. <https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42>

- Latino, R., Kenneth C. Latino, & Mark A. Latino. (2019). *Root Cause Analysis: Improving Performance for Bottom-Line Results* (4th Edition). CRC Press.
- Mardiati, D. (2020). *Simulasi Monte Carlo dalam Memprediksi Tingkat Lonjakan Penumpang*. 3(3). <https://doi.org/10.37034/infeb.v2i3.49>
- Mofokeng, P. N., Tijani, O., Swanepoel, J., & Nenzhelele, T. (2025). A Discrete-Event Simulation for Optimising Cutting Process Productivity in Furniture Manufacturing Production. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, (49s), 2468–4376. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i49s.9914>
- Nadia, A. P., Hakiki, R., Purwadi, J., & Budiarjo. (2025). Analisis Efisiensi Proses Produksi dalam Meningkatkan Produktivitas Perusahaan Manufaktur. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 2(2), 97–102.
- Novitasari, D. (2022). *Manajemen Operasi : Konsep dan Esensi*. STIE Widya Wiwaha.
- Nugroho, Y. A. (2023). Pengukuran Overall Equipment Effectiveness pada Proses Pemotongan Industri Furniture. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Elektro Dan Komputer*, 3(1).
- Olesen, O. B., Petersen, N. C., & Podinovski, V. V. (2022). The Structure of Production Technologies With Ratio Inputs and Outputs. *Journal of Productivity Analysis*, 57(3), 255–267. <https://doi.org/10.1007/s11123-022-00631-6>
- Panjaitan, N. J., Dewi, R. M., & Kristiyani, I. M. (2025). Analisis Produktivitas untuk Mengevaluasi Losses Tertinggi pada Mesin Filling Produksi kosmetik. *Jurnal Teknik Industri Dan Manajemen Rekayasa*, 3(1), 54–64. <https://doi.org/10.24002/jtimr.v3i1.11715>
- Patience, M. (2025). A Discrete-Event Simulation for Optimising Cutting Process Productivity in Furniture Manufacturing Production. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 10(49s), 622–638. <https://doi.org/10.52783/jisem.v10i49s.9914>
- Primula, G., & Hamdy, M. I. (2023). Evaluasi Efektivitas Mesin Ripple Mill Melalui Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 2(4), 301–309.
- Pristianingrum, N., Akuntansi, M. M., Ekonomi, F., Bisnis, D., & Jember, U. (2017). Peningkatan Efisiensi Dan Produktivitas Perusahaan Manufaktur Dengan Sistem Just In Time. *Jurnal Ilmiah Ilmu Akuntansi, Keuangan Dan Pajak*, 1(1), 41.
- Purnama, M., Sopyan, I., & Yudhistira, A. (2024). Analisa Kinerja Mesin: Analisis Overall Equipment Effectiveness (OEE) Mesin Tableting Rotary Double-Station pada Industri Farmasi XYZ. *Majalah Farmasetika*, 6(6).
- Purnomo, B. H., Novijanto, N., & Maeline, F. S. (2023a). Peningkatan overall equipment effectiveness (OEE) mesin grinding pada produksi coklat bubuk di PT ABC. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(3), 684–694. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i3.15521>
- Purnomo, B. H., Novijanto, N., & Maeline, F. S. (2023b). Peningkatan overall equipment effectiveness (OEE) mesin grinding pada produksi coklat bubuk di PT ABC. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(3), 684–694. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i3.15521>
- Putra, A. E. (2024). *Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Produk dalam Sistem Produksi Terintegrasi. 1*.
- Rizal, Moch. (2018). Pengaruh Budaya Organisasi pada Praktik Total Productive Maintenance (TPM) dalam Perusahaan Manufaktur. *JURNAL EKOBIS: EKONOMI BISNIS & MANAJEMEN*, 8(1).

- Rusdiana, A., & Ramdhadi, H. M. A. (2014). *Sistem Informasi Manajemen Sistem Informasi Manajemen Pustaka Setia Pengantar: Penerbit PUSTAKA SETIA Bandung*. CV Pustaka Setia.
- Salim, H. K., Setiawan, K., & Hartanti, L. P. S. (2016). Perancangan Keseimbangan Lintasan Produksi Menggunakan Pendekatan Simulasi dan Metode Ranked Positional Weights. *Jurnal Teknik Industri*, 11(1), 53.
- Sargent, R. G. (2013). Verification and validation of simulation models. *Journal of Simulation*, 7(1), 12–24. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- Sathler, K. P. B., Salonitis, K., & Kolios, A. (2023). Overall equipment effectiveness as a metric for assessing operational losses in wind farms: a critical review of literature. In *International Journal of Sustainable Energy* (Vol. 42, Number 1, pp. 374–396). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/14786451.2023.2189490>
- Siagian, T. H., & Prasojo, A. P. S. (2019). Agent - Based Modelling Pada Studi Kependudukan: Potensi dan Tantangan. *Seminar Nasional Official Statistics 2019: Pengembangan Official Statistics Dalam Mendukung Implementasi SDG's*.
- Taleb, M., Khalid, R., Ramli, R., & Nawawi, M. K. M. (2023). An integrated approach of discrete event simulation and a non-radial super efficiency data envelopment analysis for performance evaluation of an emergency department. *Expert Systems with Applications*, 220. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.119653>
- Tayal, A., Kalsi, N. S., Gupta, M. K., Pimenov, D. Y., Sarikaya, M., & Pruncu, C. I. (2021). Effectiveness improvement in manufacturing industry; trilogy study and open innovation dynamics. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 1–21. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010007>
- Thaib, M., Nazar, M., Artikel, R., Kunci, K., Kerja, S., & Menganggur, W. (2015). Peningkatan Sistem Kerja Produksi Untuk Meningkatkan Efektivitas Industri Kecil di Kota Langsa (Studi Kasus pada UD. Cita Rasa, Pabrik Roti, Kota Langsa). *Jurnal Ilmiah JURUTERA*, 2(1). www.teknik.unsam.ac.id
- Thiede, S. (2023). Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): a synergetic approach to foster sustainable manufacturing. *Procedia CIRP*, 116, 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.074>
- Udeh, E. (2024). Examining the Impact of Operation and Production Management Failure on Customer Satisfaction and Organizational Growth: A Qualitative Study. *European Journal of Political Science Studies*, 7(1). <https://doi.org/10.46827/ejps.v7i1.1716>
- Val, S., & García, I. (2025). Overall Equipment Effectiveness for Elevators (OEEE) in Industry 4.0: Conceptual Framework and Indicators. *Eng*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/eng6090227>
- Vidal, G., Sierra, D., Padilla, H., & Hernandez, J. (2026). Discrete-Event Simulation for Waste Minimization and Productivity Enhancement in Coupling Manufacturing. *Applied Sciences*, 16(4), 1701. <https://doi.org/10.3390/app16041701>
- Wijaya, C., Sukania, I. W., & Adianto. (2023). Analisis Total Productive Maintenance dengan Metode Overall Equipment Effectiveness dan Six Big Losses di PT X. *Jurnal Mitra Teknik Industri*, 2(2), 126–135.
- Wijaya, W., Aisyah, S., Nur, S., & Mardatila, F. (2024). Simulasi Sistem Dinamis Produksi Tape Ketan. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 8(1), 354. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2024.008.01.29>
- Wulandari, A., Witonohadi, A., & Puspitasri, F. (2023). Perancangan Model Simulasi dan Perbaikan Lini Produksi Pompa Air Tipe PS-135 E Menggunakan Simulasi Diskrit

dan Theory Of Constraint pada PT. Tirta Intimizu Nusantara. *Jurnal Teknik Industri*, 13(1).

LAMPIRAN

A-Foti Pengambilan Data di Workshop XYZ Furniture



B- Perhitungan OEE Model Awalan

OEE Simulation WS Pemasangan Busa							
	Rep	Loading Time(mnt)	Downtime(mnt)	Operating Time(mnt)	Total Output	Reject Product	Good Product
1	Rep 1	380	5	375	5	0	5
2	Rep 2	380	14	366	3	0	3
3	Rep 3	380	24	356	5	1	4
4	Rep 4	380	15	365	5	0	5
5	Rep 5	380	6	374	3	0	3
6	Rep 6	380	15	365	2	1	1
7	Rep 7	380	5	375	5	0	5
8	Rep 8	380	6	374	4	0	4
9	Rep 9	380	24	356	5	0	5
10	Rep 10	380	5	375	4	0	4
11	Rep 11	380	22	358	5	0	5
12	Rep 12	380	15	365	5	0	5
13	Rep 13	380	17	363	6	0	6
14	Rep 14	380	24	356	6	0	6
15	Rep 15	380	28	352	4	0	4
16	Rep 16	380	33	347	1	2	-1
17	Rep 17	380	23	357	5	0	5
18	Rep 18	380	5	375	5	1	4
19	Rep 19	380	16	364	4	0	4
20	Rep 20	380	16	364	3	0	3
21	Rep 21	380	15	365	3	0	3
22	Rep 22	380	11	369	5	0	5
23	Rep 23	380	33	347	5	0	5
24	Rep 24	380	5	375	5	0	5
25	Rep 25	380	19	361	3	0	3
26	Rep 26	380	30	350	4	0	4
27	Rep 27	380	6	374	4	2	2
28	Rep 28	380	30	350	4	0	4
29	Rep 29	380	4	376	5	0	5
30	Rep 30	380	5	375	5	0	5
total		11400	473	10927	128	7	121

Komponen	Nilai
<i>Availability</i>	95,85%
<i>Performance</i>	74,19%
<i>Quality</i>	94,53%
<i>OEE</i>	67,22%

B- Perhitungan OEE Model Skenario 1

OEE Simulation Alternatif 1							
	Rep	Loading Time(mnt)	Downtime(mnt)	Operating Time(mnt)	Total Output	Reject Product	Good Product
1	Rep 1	380	5	375	4	0	4
2	Rep 2	380	13	367	5	0	5
3	Rep 3	380	23	357	5	1	4
4	Rep 4	380	15	365	5	0	5
5	Rep 5	380	6	374	5	0	5
6	Rep 6	380	15	365	4	1	3
7	Rep 7	380	5	375	5	0	5
8	Rep 8	380	5	375	6	0	6
9	Rep 9	380	25	355	5	1	4
10	Rep 10	380	5	375	6	0	6
11	Rep 11	380	32	348	5	0	5
12	Rep 12	380	16	364	5	0	5
13	Rep 13	380	16	364	6	0	6
14	Rep 14	380	23	357	5	0	5
15	Rep 15	380	29	351	4	0	4
16	Rep 16	380	32	348	3	2	1
17	Rep 17	380	23	357	5	0	5
18	Rep 18	380	5	375	5	1	4
19	Rep 19	380	14	366	5	0	5
20	Rep 20	380	16	364	3	0	3
21	Rep 21	380	14	366	5	0	5
22	Rep 22	380	11	369	6	0	6
23	Rep 23	380	32	348	5	0	5
24	Rep 24	380	7	373	7	0	7
25	Rep 25	380	19	361	2	0	2
26	Rep 26	380	30	350	3	0	3
27	Rep 27	380	7	373	3	1	2
28	Rep 28	380	30	350	5	0	5
29	Rep 29	380	4	376	5	0	5
30	Rep 30	380	9	371	6	0	6
total		11400	486	10914	143	7	136

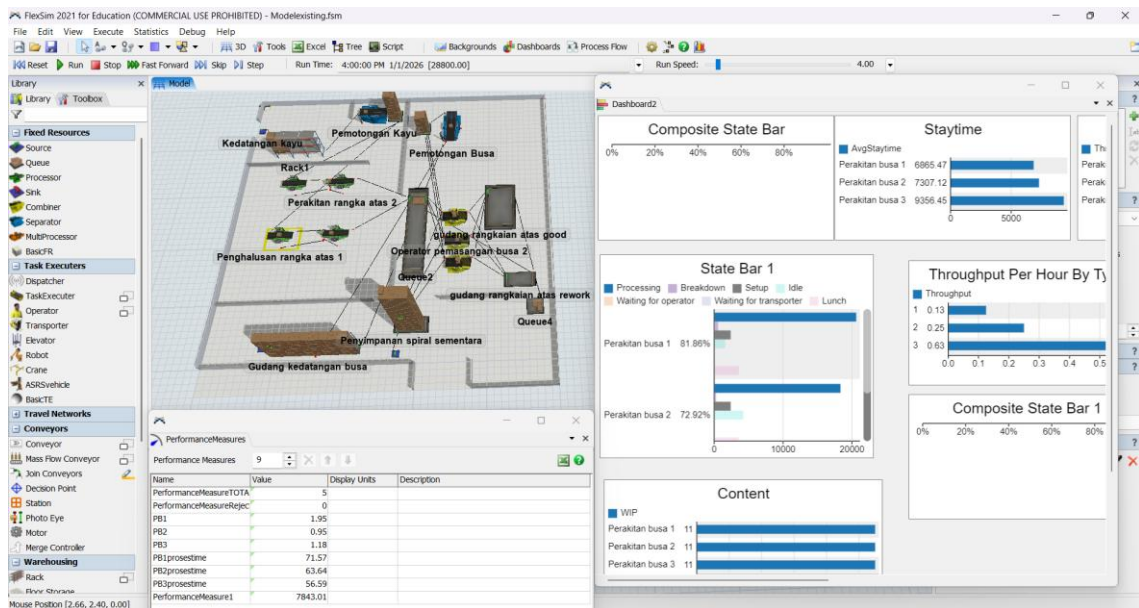
Komponen	Nilai
<i>Availability Ratio</i>	95,73%
<i>Performance Ratio</i>	82,99%
<i>Quality Ratio</i>	95,10%
<i>OEE</i>	75,56%

B- Perhitungan OEE Model Skenario 2

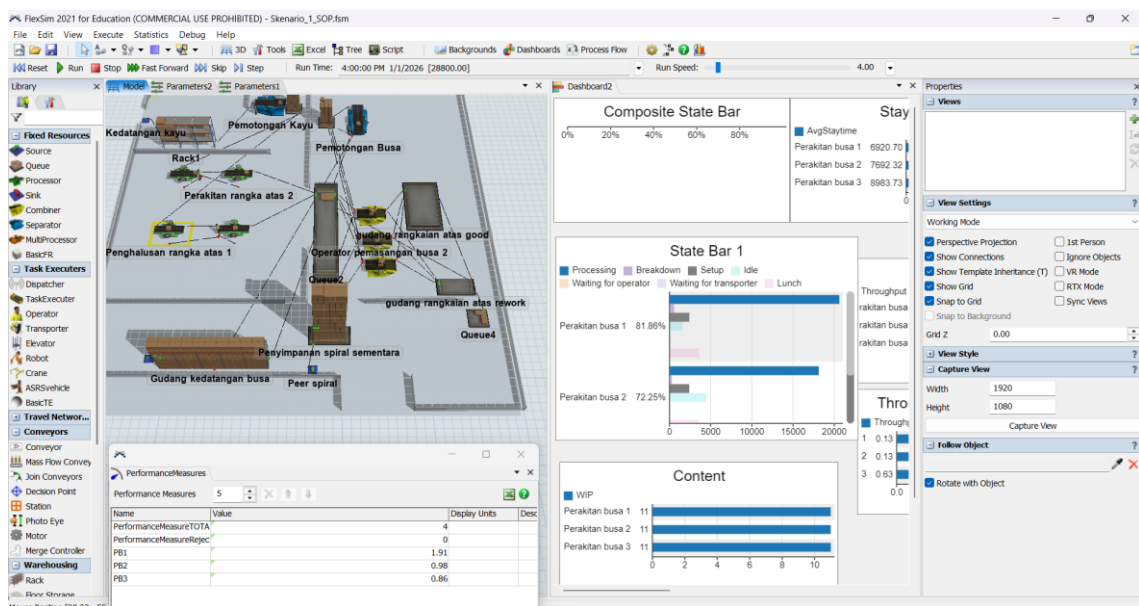
OEE Simulation Alternatif 2							
	Rep	Loading Time(mnt)	Downtime(mnt)	Operating Time(mnt)	Total Output	Reject Product	Good Product
1	Rep 1	380	6	374	5	0	5
2	Rep 2	380	13	367	4	0	4
3	Rep 3	380	24	356	5	1	4
4	Rep 4	380	15	365	6	0	6
5	Rep 5	380	7	373	5	0	5
6	Rep 6	380	16	364	3	1	2
7	Rep 7	380	5	375	5	0	5
8	Rep 8	380	5	375	5	0	5
9	Rep 9	380	25	355	5	0	5
10	Rep 10	380	5	375	5	0	5
11	Rep 11	380	27	353	6	0	6
12	Rep 12	380	15	365	5	0	5
13	Rep 13	380	8	372	7	0	7
14	Rep 14	380	24	356	8	0	8
15	Rep 15	380	28	352	4	0	4
16	Rep 16	380	31	349	2	2	0
17	Rep 17	380	23	357	5	0	5
18	Rep 18	380	6	374	5	1	4
19	Rep 19	380	14	366	4	0	4
20	Rep 20	380	16	364	4	0	4
21	Rep 21	380	15	365	5	0	5
22	Rep 22	380	10	370	7	0	7
23	Rep 23	380	32	348	5	0	5
24	Rep 24	380	6	374	7	0	7
25	Rep 25	380	19	361	4	0	4
26	Rep 26	380	30	350	4	0	4
27	Rep 27	380	6	374	4	1	3
28	Rep 28	380	30	350	4	0	4
29	Rep 29	380	5	375	6	1	5
30	Rep 30	380	3	377	6	0	6
total		11400	469	10931	150	7	143

Komponen	Nilai
<i>Availability Ratio</i>	95,88%
<i>Performance Ratio</i>	86,91%
<i>Quality Ratio</i>	95,33%
<i>OEE</i>	79,44%

C- Model Simulasi Flexsim Awalan



C- Model Simulasi Flexsim Skenario 1



C- Model Simulasi Flexsim Skenario 2

